

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-181048

(43)Date of publication of application : 30.06.2000

(51)Int.Cl.

G03F 1/08
H01L 21/027

(21)Application number : 10-357951

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 16.12.1998

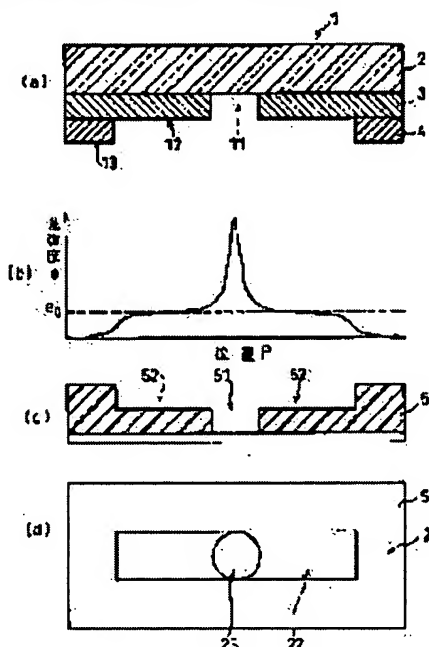
(72)Inventor : KOBAYASHI SHINJI

(54) PHOTOMASK, ITS PRODUCTION AND EXPOSURE METHOD USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a photomask that form accurate resist steps in a resist by considering the transmittance and phase difference between a semi-transmitting part and a transmitting part.

SOLUTION: The phase difference between a semi-transmitting part 12 and a transmitting part 11 in a photomask 1 is set so as to inhibit interference between exposure light that passes through the semi-transmitting part 12 and exposure light that passes through the transmitting part 11. When exposure is carried out using the resultant photomask 1, a resist 5 with a resist hole 51 and resist steps 52 formed positively in a prescribed range (half region 22) is obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 12.08.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In a photo mask equipped with the transparency section which is used in order to expose a predetermined pattern, and penetrates exposure light, the protection-from-light section which intercepts exposure light substantially, and the transfective section set up so that permeability might become lower than the permeability of the above-mentioned transparency section The above-mentioned transfective section is a photo mask characterized by having set up the phase contrast over the transparency section so that interference generated between the exposure light which penetrates this transfective section, and the exposure light which penetrates the transparency section may be controlled.

[Claim 2] The photo mask according to claim 1 characterized by changing the configuration of this transparency section based on the shift of the exposure light which penetrated the transparency section produced when the permeability of the above-mentioned transparency section and the transfective section differs.

[Claim 3] The above-mentioned transfective section is a photo mask according to claim 1 or 2 characterized by having the semi-transparent membrane which consists of an acid nitride of silicide.

[Claim 4] It is the photo mask according to claim 3 characterized by the phase contrast of this transfective section being within the limits of 50-70 degrees to the above-mentioned transparency section when the permeability of the above-mentioned transfective section is in 10 - 30% of within the limits to the permeability of the transparency section.

[Claim 5] The two-layer structure film formation process which forms the semi-transparent membrane which has the permeability of a light lower than this transparency substrate on a transparency substrate, and forms further the light-shielding film which intercepts light on it, The exposure process exposed with an electron beam after forming a resist in the shape of a layer further on the above-mentioned light-shielding film, The two-layer structure film clearance process of removing a semi-transparent membrane and a light-shielding film from the field where the resist was removed according to the above-mentioned exposure process, The resist clearance process formed on the resist of the above-mentioned exposure process of removing a resist from the thin layer field which serves as film thickness from the original resist, The manufacture approach of the photo mask characterized by including the light-shielding film clearance process of removing a light-shielding film from the above-mentioned thin layer field where the resist was removed.

[Claim 6] The exposure approach characterized by forming the level difference from which thickness differs in this resist by exposing the resist formed in claim 1 thru/or any 1 term of 4 in the shape of a layer using the photo mask of a publication.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the photo mask used for manufacture of a semiconductor device and its manufacture approach, and the exposure approach which uses this photo mask for a list and is made.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, as manufacture of a semiconductor device is shown in drawing 2 (a) - (b), a through hole 61 and a wiring gutter are formed in the interlayer insulation film 6 currently formed on the lower layer wiring layer 7, and the technique embedding a wiring material is used.

[0003] As shown in drawing 2 (b), the interlayer insulation film 6 in this case has the through hole field 23 equivalent to the through hole 61 where the interlayer insulation film 6 was thoroughly removed from the surrounding field (it considers as a basic partition 21 hereafter), and has the half field 22 where the thickness of an interlayer insulation film 6 turns in half (1/2) mostly further up as compared with a basic partition 21. And the level difference configuration 62 as shown in drawing 2 (a) by this half field 22 and basic partition 21 is constituted. As an approach of forming the above-mentioned level difference configuration 62 in an interlayer insulation film 6, two kinds of approaches shown below can be mentioned with the combination of the conventional technique.

[0004] A primary method is an approach of using half etching. By this approach, as shown in drawing 11 (a), exposure and development of the half field 22 (refer to drawing 2 (b)) are first performed from the maximum upper layer to a resist 5, an interlayer insulation film 6, and the wafer formed in order of the lower layer wiring layer 7 (drawing Nakaya mark).

[0005] Next, as shown in drawing 11 (b), half etching processing is performed to the half field 22 where the resist 5 after development was removed, an interlayer insulation film 6 is etched into one half extent of the original thickness, and the level difference configuration 62 is formed.

[0006] Then, as shown in drawing 11 (c), after applying a resist 5 again, exposure and development of the through hole field 23 (refer to drawing 2 (b)) are performed (drawing Nakaya mark). And as shown in drawing 11 (d), etching processing is performed to the interlayer insulation film 6 of the through hole field 23, and a through hole 61 is formed.

[0007] The second approach is an approach of performing half exposure. By this approach, first, as shown in drawing 12 (a), in the wafer which has the same configuration as what was shown in drawing 11 (a), half exposure (exposure, drawing Nakaya mark with which the thickness of the resist 5 after exposure becomes original one half extent) is performed to the half field 22. Then, additional exposure of the light exposure which runs short to the through hole field 23 is carried out. Consequently, as shown in drawing 12 (b), the resist hole 101 and the resist level difference 102 are formed in a resist 5.

[0008] Then, as shown in drawing 12 (c), after etching the through hole field 23, removing an interlayer insulation film 6 and forming a through hole 61, as shown in drawing 12 (d), the resist 5 of the half field 22 is removed (ashing). Finally, as shown in drawing 12 (e), the level difference configuration 62 is formed in an interlayer insulation film 6 according to a half etching process.

[0009] Furthermore, the technique of performing exposure / development process using the photo mask which prepared the photo mask possessing permeability gradation, i.e., the protection-from-light section, the transfective section, and the transparency section as other approaches of forming the above-mentioned level difference configuration 62 is known.

[0010] As the above-mentioned technique, the technique currently indicated by ** JP,63-18351,A, ** JP,6-27636,A, or ** JP,7-49410,A is mentioned, for example.

[0011] With the technique of the above-mentioned **, the chromium (Cr) film is used for the protection-from-light section as the transfective section using the semi-transparent membrane which consists of chrome oxide (CrO). Moreover, with the technique of the above-mentioned **, while using the silicon oxide (SiO₂) film in which the matter which absorbs light was made to mix as the transfective section, the light-shielding film which has the three-tiered structure of chrome oxide / chromium / chrome oxide (CrO/Cr/CrO) is used as the protection-from-light section. Furthermore, with the technique of the above-mentioned **, the protection-from-light section and the transfective section are formed by changing the thickness of a chromium compound in the photo mask which used the chromium compound.

[0012]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, there are the following troubles in each technique mentioned above. First, although the above-mentioned primary method is the general technique of having utilized the conventional technique, it needs to repeat a series of processes of a resist spreading process, exposure / development process, and an etching process twice, and a routing counter increases it dramatically. Therefore, since the opportunity for dust to adhere to a semiconductor device increases while a throughput falls, there is a possibility that the yield of a device may fall.

[0013] Moreover, since all the processes except the second approach of the above performing exposure / development process twice can be managed at once, a routing counter is reduced compared with the above-mentioned primary method. However, in order to use the photo mask of two sheets on the occasion of exposure / development process, the alignment precision of the exposure pattern of the half field 22 and the exposure pattern of the through hole field 23 is needed.

[0014] The alignment precision of each above-mentioned exposure pattern is determined by the precision at the time of carrying out alignment of the photo mask of two sheets by the stepper, respectively, and the own relative-position precision (superposition precision of a photo mask) of a photo mask of two sheets. Therefore, high degree of accuracy will be required dramatically and all can serve as an instability element in development / exposure process.

[0015] Thus, by the above-mentioned all directions method, since exposure and development of multiple times are needed or highly precise alignment of a photo mask is needed, complicated-ization of a process which carries out level difference formation has been invited to the interlayer insulation film 6.

[0016] On the other hand, with each technique of the above-mentioned ** - **, what equips the photo mask of one sheet with the transfective section in addition to the protection-from-light section and the transparency section is used. Therefore, it is possible to form the resist level difference 102 as shown in a resist 5 at drawing 12 (b) in one exposure and development. So, in forming the level difference configuration 62 in an interlayer insulation film 6, it is unnecessary in the alignment of exposure and development of multiple times, or a highly precise photo mask, and it is possible to shorten and simplify a level difference formation process more.

[0017] However, with each technique of the above-mentioned ** - **, although reference is made about permeability gradation when it sees about the concrete configuration of the transparency section provided in the photo mask of one sheet, and the transfective section, about phase contrast setting out of the transfective section to the transparency section, reference is not made at all.

[0018] In manufacture of a semiconductor device, although a through hole 61 and a wiring gutter are more minute, in order to imprint such a minute exposure pattern to accuracy at a resist 5 using the photo mask which has transmission gradation, phase contrast control of the transfective section to the transparency section becomes indispensable. So, with each

technique of the above-mentioned ** - **, the trouble that the desired resist level difference 102 cannot be certainly formed to a resist 5 is invited.

[0019] This invention is made in order to solve the above-mentioned trouble, and the object is in offering the photo mask which can form an exact resist level difference on a resist, the manufacture approach of this photo mask, and the exposure approach using this photo mask further by taking into consideration the transmission and phase contrast over the transparency section of the transfective section.

[0020]

[Means for Solving the Problem] In order that the photo mask of this invention according to claim 1 may solve the above-mentioned technical problem In a photo mask equipped with the transparency section which is used in order to expose a predetermined pattern, and penetrates exposure light, the protection-from-light section which intercepts exposure light substantially, and the transfective section set up so that permeability might become lower than the permeability of the above-mentioned transparency section The above-mentioned transfective section is characterized by having set up the phase contrast over the transparency section so that interference generated between the exposure light which penetrates this transfective section, and the exposure light which penetrates the transparency section may be controlled.

[0021] According to the configuration of the claim 1 above-mentioned publication, in the above-mentioned transfective section, since not only the permeability to the transparency section but phase contrast is taken into consideration, interference with the exposure light which penetrates the transparency section, and the light which penetrates the transfective section is controlled. Consequently, in the transfective section, a part where permeability changes with above-mentioned interference substantially stops occurring, and optical reinforcement almost proper in the whole region can be realized.

[0022] Therefore, if the above-mentioned photo mask is used and a resist is exposed and developed, since the resist remainder and resist decrease will hardly occur, a desired resist pattern can be formed certainly. so, for example, a resist top -- thickness -- about [of origin] - - it becomes possible to form certainly and efficiently the resist level difference which has a field used as one half.

[0023] If etching processing and ashing processing are performed by forming the above-mentioned resist level difference certainly, it will become possible to form a desired level difference configuration in the interlayer insulation film on a semiconductor device certainly and easily. So, in manufacture of a semiconductor device, the through hole and wiring gutter of more minute structure can be more efficiently formed to an interlayer insulation film.

[0024] In addition to the configuration according to claim 1, the photo mask of this invention according to claim 2 is characterized by changing the configuration of this transparency section based on the shift of the exposure light which penetrated the transparency section produced when the permeability of the above-mentioned transparency section and the transfective section differs, in order to solve the above-mentioned technical problem.

[0025] If the permeability of the transparency section and the transfective section differs as mentioned above, the exposure light which penetrated this transparency section may be shifted compared with the exposure light which penetrated the transfective section so that exposure area may be expanded. So, with the configuration of the claim 2 above-mentioned publication, the configuration of the transparency section is changed based on the above-mentioned shift. Therefore, the above-mentioned shift produced on the occasion of exposure can be canceled, and a desired resist pattern can be formed more certainly.

[0026] In order that the photo mask of this invention according to claim 3 may solve the above-mentioned technical problem, in addition to the configuration according to claim 1 or 2, the above-mentioned transfective section is characterized by having the semi-transparent membrane which consists of an acid nitride of silicide.

[0027] Since the semi-transparent membrane which becomes the transfective section from the acid nitride of silicide is used according to the configuration of the claim 3 above-mentioned publication, the permeability and phase contrast of a semi-transparent membrane can be changed by changing the content of oxygen or nitrogen. So, the permeability and phase contrast

in the transfective section are easily controllable.

[0028] In order that the photo mask of this invention according to claim 4 may solve the above-mentioned technical problem, when the permeability of the above-mentioned transfective section is in 10 - 30% of within the limits to the permeability of the transparency section in addition to a configuration according to claim 3, phase contrast of this transfective section is characterized by being within the limits of 50-70 degrees to the above-mentioned transparency section.

[0029] According to the configuration of the claim 4 above-mentioned publication, when the acid nitride of silicide is used as the transfective section, the permeability and phase contrast of the transfective section can control much more effectively interference of the exposure light produced in above-mentioned within the limits, then the above-mentioned transfective section, and can form a desired resist pattern more certainly.

[0030] The manufacture approach of the photo mask of this invention according to claim 5 The two-layer structure film formation process which forms the semi-transparent membrane which has the permeability of a light lower than this transparency substrate on a transparency substrate, and forms further the light-shielding film which intercepts light on it in order to solve the above-mentioned technical problem, The exposure process exposed with an electron beam after forming a resist in the shape of a layer further on the above-mentioned light-shielding film, The two-layer structure film clearance process of removing a semi-transparent membrane and a light-shielding film from the field where the resist was removed according to the above-mentioned exposure process, It is characterized by including the resist clearance process of removing a resist, and the light-shielding film clearance process of removing a light-shielding film from the above-mentioned thin layer field where the resist was removed from the thin layer field which serves as film thickness from the original resist formed on the resist of the above-mentioned exposure process.

[0031] Since the two-layer structure film which consists of a semi-transparent membrane and a light-shielding film is formed on a transparency substrate according to the approach of the claim 5 above-mentioned publication, the photo mask mentioned above can be formed easily. Moreover, since the resist is performing patterning of a semi-transparent membrane and a light-shielding film, a desired exposure pattern can be formed efficiently and certainly to a photo mask.

[0032] The exposure approach of this invention according to claim 6 is characterized by forming in this resist the level difference from which thickness differs by exposing the resist formed in claim 1 thru/or any 1 term of 4 in the shape of a layer using the photo mask of a publication, in order to solve the above-mentioned technical problem.

[0033] According to the approach of the claim 6 above-mentioned publication, moreover, the resist pattern which has a level difference can be certainly formed only by one exposure, for example. So, while being able to attain simplification of an exposure process, such exposure is needed, for example, the production process of a semiconductor device can also be simplified.

[0034]

[Embodiment of the Invention] It will be as follows if one gestalt of operation of this invention is explained based on drawing 1 thru/or drawing 10 . In addition, this invention is not limited to this.

[0035] The photo mask concerning this invention is used in order to form a resist level difference (level difference) on a resist in one exposure and development for the purpose of forming a level difference configuration in the interlayer insulation film of a semiconductor device.

[0036] Therefore, after setting up the transparency section which penetrates exposure light with high permeability to the photo mask of one sheet, the transfective section set up so that permeability might become lower than the permeability of the above-mentioned transparency section, and the protection-from-light section which intercepts exposure light substantially, respectively It is optimizing so that interference generated between the exposure light which penetrates the above-mentioned transfective section for the phase contrast of the transfective section to the transparency section, and the exposure light which penetrates the transparency

section may be controlled.

[0037] First, formation of the interlayer insulation film in a semiconductor device is explained. If the wafer with which the interlayer insulation film 6 was formed on the lower layer wiring layer 7 is made into an example as shown in drawing 2 (a), the through hole 61 for exposing the lower layer wiring layer 7 is formed in this interlayer insulation film 6, and the level difference configuration 62 which serves as a wiring gutter to the perimeter is further formed in it. The field where this level difference configuration 62 has the original thickness formed at least, and the thickness of an interlayer insulation film 6 consist of a field of the beginning which serves as half (1/2) mostly.

[0038] In addition, as the following explanation shows to drawing 2 (b), the field equivalent to the field which has the original thickness by which formation was carried out [above-mentioned] is made into a basic partition 21, and make into the half field 22 the field in which thickness is equivalent to the field of the beginning which serves as half (1/2) mostly, and let the field equivalent to a through hole 61 be the through hole field 23.

[0039] Although the level difference configuration 62 is formed in the above-mentioned interlayer insulation film 6 of etching which used the resist, in order to expose the exact resist pattern equivalent to this level difference configuration 62, the photo mask which has permeability setting out of at least 3 gradation is used. like the formation fault of the level difference configuration 62 using this photo mask -- ***** -- it explains.

[0040] First, as shown in drawing 3 (a), the layer-like resist 5 is further formed on the interlayer insulation film 6 of the wafer in which the interlayer insulation film 6 was formed on the lower layer wiring layer 7, and it exposes through a photo mask 1. This photo mask 1 has the transparency section 11, the transfective section 12, and the protection-from-light section 13. Then, by developing negatives, as shown in drawing 3 (b), the resist 5 which has the resist hole 51 and the resist level difference 52 is formed.

[0041] At this time, the field equivalent to the protection-from-light section 13 is the above-mentioned basic partition 21, and the resist 5 on a wafer remains as it is. the field equivalent to the transfective section 12 -- the above-mentioned half field 22 -- it is -- after development and a resist 5 -- about [of the original thickness] -- it is set to one half. The resist level difference 52 is formed of this half field 22. The field equivalent to the transparency section 11 is the above-mentioned through hole field 23, and a resist 5 is removed thoroughly and it serves as the resist hole 51.

[0042] Then, as shown in drawing 3 (c), after removing an interlayer insulation film 6, exposing the lower layer wiring layer 7 and forming a through hole 61 by etching into the resist hole 51 (through hole field 23), as shown in drawing 3 (d), the resist 5 of the half field 22 is removed (ashing). Finally, as shown in drawing 3 (e), according to a half etching process, the interlayer insulation film 6 in the half field 22 is etched into one half extent of the original thickness, and the level difference configuration 62 is formed in an interlayer insulation film 6.

[0043] Thus, in order to form the level difference configuration 62 in an interlayer insulation film 6, it is necessary to the resist 5 used as the masking material in etching to form the resist level difference 52 in the half field 22.

[0044] Here, in the above-mentioned photo mask 1, in order to form the resist level difference 52 in the half field 22, the permeability in the transfective section 12 is strictly set up to the permeability of the transparency section 11. That is, if the transmission of the transparency section 11 is the optical reinforcement from which the exposure light which penetrated the transparency section 11 can remove a resist 5 thoroughly, the transmission of the transfective section 12 is set up so that it may become the optical reinforcement to which the exposure light which penetrated the transfective section 12 makes a resist 5 about about 1 of the original thickness / 2.

[0045] However, in the transfective section 12, the positive resist level difference 52 cannot be formed in a resist 5 only by only setting up the transmission to the transparency section 11. Furthermore, it is necessary to also set up the phase contrast over the transparency section 11 in the transfective section 12.

[0046] About setting out of the above-mentioned phase contrast, as shown in drawing 4 (a), the

situation that the phase contrast of the transfective section 12 to the transparency section 11 exposed the resist 5 using the photo mask 10 which is near 180 degree is mentioned as an example, and is explained.

[0047] The above-mentioned photo mask 10 has a three-tiered structure by which a semi-transparent membrane 3 and the two-layer structure film of a light-shielding film 4 were formed on the transparency substrate 2, as shown in drawing 4 (a). Moreover, the part which has exposed the above-mentioned transparency substrate 2 is the transparency section 11, the part which has exposed the wrap semi-transparent membrane 3 for the transparency substrate 2 is the transfective section 12, and the part of the light-shielding film 4 which has covered transparency substrate 2 and a semi-transparent membrane 3 is the protection-from-light section 13.

[0048] As the transmission of the above-mentioned transfective section 12 was mentioned above at this time, when a resist 5 is exposed through a semi-transparent membrane 3, that thickness is the optical reinforcement e_0 of the original thickness which may be exposed so that it may become half mostly. Although set up, it is not taken into consideration especially about the phase contrast over the transparency section 11 (transparency substrate 2).

[0049] When the phase contrast of the semi-transparent membrane 3 of the transfective section 12 to the transparency substrate 2 of the above-mentioned transparency section 11 is near 180 degree, on the borderline 14 of the transparency section 11 and the transfective section 12, the part where optical reinforcement becomes 0 is generated according to the optical cross protection of an opposite phase. It is the point P0 that optical reinforcement is set to 0 on the above-mentioned borderline 14 in the graph of the optical intensity distribution which made the axis of ordinate the optical reinforcement e , and specifically made the axis of abscissa the location P on a wafer as shown in drawing 4 (b). It is generated. Therefore, when the above-mentioned photo mask 10 is used and a resist 5 is exposed and developed, as shown in the resist sectional view of drawing 4 (c), it is the point P0 describing above. By the corresponding part, since optical reinforcement is set to 0, a resist 53 [remainder] occurs.

[0050] Moreover, in the location (location which becomes near the medium of the side of a short side, and the central resist hole 51 in the rectangle-like half field 22 all over drawing) in which the primary diffracted light of the transparency substrate 2 in the transparency section 11 and the transmitted light of the semi-transparent membrane 3 in the transfective section 12 become in phase mutually, and interfere, it is the secondary peak P1 of optical reinforcement. It is generate. Therefore, as shown in drawing 4 (c), it is this secondary peak P1. In a corresponding part, the resist decrease 54 to which a resist 5 decreases from desired thickness occurs.

[0051] Namely, proper optical reinforcement e_0 as the permeability of the semi-transparent membrane 3 mentioned above shows with the broken line in drawing 4 (b). Even if set up if phase contrast of the semi-transparent membrane 3 in the transfective section 12 to the transparency substrate 2 in the transparency section 11 is not set up, it is a point P0. They are optical on-the-strength difference $\Delta I = \Delta I_0$ and the secondary peak P1 then. It is optical on-the-strength difference $\Delta I = \Delta I_1$ then. It will generate.

[0052] Therefore, the above-mentioned photo mask 10 which does not take phase contrast into consideration is $\Delta I_0 + \Delta I_1$ at the maximum to a semi-transparent membrane 3. It will be used for exposure in the condition that the difference on the strength [optical] has arisen. Consequently, in the exposure and development using the above-mentioned photo mask 10, as shown in drawing 4 (d), the resist level difference 52 cannot be certainly formed in a resist 5.

[0053] Ideally, the above-mentioned resist level difference 52 should be formed in the half field 22 to which it was surrounded by the basic partition 21, and the broken-line section also included the perimeter and which turns into a rectangle-like field mostly in drawing 4 (d). However, point P0 which is the perimeter of the through hole field 23 The resist 53 [remainder] which has the 1/2 or more original thickness to a corresponding part occurs, and it is the above-mentioned secondary peak P1 further. The resist decrease 54 occurs in a corresponding part (circular [show / a drawing destructive line / and]).

[0054] Therefore, even if it sets only the permeability of the transfective section 12 to the transparency section 11 as a proper value, unless the phase contrast of the transfective section

12 to the transparency section 11 is taken into consideration, the resist 5 which has the exact resist level difference 52 can be obtained. If the exact resist level difference 52 cannot be formed, the interlayer insulation film 6 which it becomes impossible to form the exact half field 22 in an interlayer insulation film 6, and has the desired level difference configuration 62 as a result is no longer obtained.

[0055] So, in the photo mask 1 of this invention, what set up not only the permeability to the transparency section 11 but phase contrast is used in the transfective section 12.

[0056] As shown in drawing 1 (a), the thing of a three-tiered structure (transparence substrate 2, semi-transparent membrane 3, and light-shielding film 4) is used like the photo mask 10 mentioned above as the above-mentioned photo mask 1. The part which has exposed the transparence substrate 2 is the transparency section 11, the part where the wrap semi-transparent membrane 3 has exposed the transparence substrate 2 is the transfective section 12, and the part of the light-shielding film 4 which has covered transparence substrate 2 and a semi-transparent membrane 3 is the protection-from-light section 13.

[0057] the permeability of the transfective section 12 at this time -- the above -- proper optical reinforcement e_0 It is set up so that it may become. Furthermore, in addition to this permeability, the phase contrast of the transfective section 12 to the transparency section 11 is also optimized. In this invention, in order to form the resist level difference 52 in a resist 5 certainly, phase contrast is set up so that interference generated between the exposure light which penetrates the transfective section 12, and the exposure light which penetrates the transparency section 11 may be controlled.

[0058] Therefore, as shown in the graph of the optical intensity distribution of drawing 1 (b), the permeability of the transfective section 12 is the optical reinforcement e_0 almost proper in the whole region. It becomes. Optical on-the-strength difference $\Delta I = \Delta I_0 + \Delta I_1$ like [if it puts in another way, since exposure light will hardly interfere in a semi-transparent membrane 3] the photo mask 10 which optical on-the-strength difference ΔI was set to about 0, and was mentioned above It does not generate.

[0059] So, if the above-mentioned photo mask 1 is used and a resist 5 is exposed and developed, as shown in the resist sectional view of drawing 1 (c), in the half field 22, the resist 53 [remainder] near the resist hole 51 and generating of the resist decrease 54 are avoidable. therefore -- the half field 22 -- the thickness of a resist 5 -- about [of origin] -- it is set to one half and the desired resist level difference 52 can be formed.

[0060] And as shown in the resist top view of drawing 1 (d), the half field 22 is formed in the resist pattern which followed mostly the exposure pattern formed in the photo mask 1. that is, the half field 22 was surrounded by the basic partition 21 in the perimeter -- it becomes a rectangle-like field mostly, and the through hole field 23 is formed so that a basic partition 21 may be further touched in the center section. Therefore, the positive resist level difference 52 can be efficiently formed to a resist 5.

[0061] If etching processing and ashing processing are performed to the resist 5 in which the above-mentioned resist level difference 52 was formed, the interlayer insulation film 6 with which the desired level difference configuration 62 and the desired half field 22 as shown in drawing 2 (a) - (b) were formed can be obtained.

[0062] the resist remainder as shown in drawing 4 (c) - (d) in the above-mentioned transfective section 12 -- the permeability which can avoid 53 and the resist decrease 54, and especially the proper numeric value of phase contrast are not limited, and are suitably changed by the light source of the aligner used for an exposure process, the engine performance of construction material in which it is used as a resist 5, the thickness of the resist 5 formed, etc.

[0063] Moreover, since the permeability and phase contrast of the above-mentioned transfective section 12 may change with the thickness of a semi-transparent membrane 3 simultaneously, it is dramatically desirable that the thickness of a semi-transparent membrane 3 is also set up proper on the occasion of setting out of the permeability and phase contrast in the transfective section 12.

[0064] For example, with the gestalt of this operation, the acid nitride (MoSiOX NY) of molybdenum silicide is used as a semi-transparent membrane 3 so that it may mention later. At

this time, as for the permeability of the transfective section 12, it is desirable that it is 10 - 30% of within the limits to the permeability of the transparency section 11, and it is desirable that it is especially just over or below 15%. Moreover, as for the phase contrast over the transparency section 11, it is desirable that it is within the limits of 50-70 degrees, and it is desirable that it is especially around 60 degrees. In addition, about the permeability and phase contrast of the above-mentioned transfective section 12, it mentions later.

[0065] setting up the permeability and phase contrast over the transparency section 11 proper in the transfective section 12 mentioned above with the photo mask 1 of this invention -- in addition, it is more desirable to adjust the size of the exposure pattern containing the transfective section 12 and the protection-from-light section 13 proper further.

[0066] For example, in order to form the above-mentioned through hole 61 and the level difference configuration 62 in an interlayer insulation film 6, as shown in drawing 5 (a), suppose that the exposure pattern which forms the rectangle-like half field 22 so that [the circumference] it may be surrounded by the basic partition 21, and establishes a through hole 61 in the center section of this half field 22 as contacts a basic partition 21 is used. In this case, in the photo mask 1 used, the protection-from-light section 13 and the half field 22 are equivalent to the transfective section 12, and a through hole 61 is equivalent to the transparency section 11 for a basic partition 21.

[0067] However, with the above-mentioned photo mask 1, if the resist 5 formed on the interlayer insulation film 6 is exposed and developed as shown in drawing 3 (a), according to the difference of the transmission of the transfective section 12 and the transparency section 11, as shown in drawing 5 (b), the resist pattern on a wafer will shift, and the resist pattern of the request as an exposure pattern will not be obtained.

[0068] As the through hole field 23 which should specifically be formed so that a basic partition 21 may be touched shows drawing 5 (b), the exposure field of exposure light is expanded, and it shifts so that width-of-face ΔW pervasion of a basic partition 21 may be done (width-of-face ΔW at this time is set to shift width-of-face ΔW). Since the through hole field 23 becomes larger than ideal size as shown in drawing 5 (a), it becomes impossible to form the desired through hole 61 in an interlayer insulation film 6 according to generating of this shift width-of-face ΔW .

[0069] Then, it is made to change from the configuration which forms the configuration of the above-mentioned transparency section 11 actually in the photo mask 1 of this invention based on the shift (shift width-of-face ΔW) of the exposure light which penetrated the transparency section 11 produced when the permeability of the above-mentioned transparency section 11 and the transfective section 12 differs. With the gestalt of this operation, as shown in drawing 6 (a), the magnitude of the through hole field 23 is set up so that it may become small to the half field 22.

[0070] Since the through hole field 23 is equivalent to the transparency section 11 in a photo mask 1, the permeability of exposure light becomes high rather than the half field 22 equivalent to the transfective section 12. Therefore, shift width-of-face ΔW occurs at the time of exposure. So, based on this shift width-of-face ΔW , only ΔM makes small size of the transparency section 11 (through hole field 23) (referred to as cutback width-of-face ΔM).

[0071] By this, as shown in drawing 6 (b), the desired resist pattern (resist pattern which has the through hole field 23 which touches a basic partition 21) near an ideal exposure pattern as shown by drawing 5 (a) can be obtained. In addition, since it is the parameter which changes with the configurations of a photo mask 1 or an aligner suitably, the above-mentioned shift width-of-face ΔW is not limited especially as a numeric value.

[0072] For example, if it sees about the relation between the above-mentioned shift width-of-face ΔW and cutback width-of-face ΔM and cutback width-of-face ΔM will be exposed by the exposure pattern (refer to drawing 5 (a)) which is 0 as shown in the graph of drawing 7, shift width-of-face ΔW of the through hole field 23 will become max (refer to drawing 5 (b)). Then, point M0 that shift width-of-face ΔW will be set to 0 if cutback width-of-face ΔM is enlarged it reaches. So, cutback width-of-face $\Delta M = M0$ If the exposure pattern (refer to drawing 6 (a)) carried out is used, the proper through hole 61 will be formed

(refer to drawing 6 (b)). However, this cutback width-of-face $\Delta M = M_0$ It changes with the light source of an aligner, the permeability of the transfective section 12 and the transparency section 11 in a photo mask 1, etc. suitably.

[0073] Next, the manufacture approach of the photo mask 1 of this invention mentioned above is explained. In manufacture of the above-mentioned photo mask 1, five processes of a two-layer structure film formation process, an exposure process, a two-layer structure film clearance process, a resist clearance process, and a light-shielding film clearance process are carried out at least.

[0074] First, a semi-transparent membrane 3 is formed on the transparency substrate 2, and a light-shielding film 4 is further formed on this semi-transparent membrane 3. That is, three-tiered structure 1a as shown in drawing 8 (a) is obtained by forming the two-layer structure film which consists of a semi-transparent membrane 3 and a light-shielding film 4 on the transparency substrate 2 (two-layer structure film formation process).

[0075] Although it is not limited if it is the construction material which can obtain desired permeability as the above-mentioned semi-transparent membrane 3, the oxide, nitride, or acid nitride of silicide is desirable, for example, the oxide (MoSiOX), nitride (MoSiNY), or acid nitride (MoSiOX NY) of molybdenum silicide (MoSi) is more desirable, and it is MoSiOX NY . It is especially desirable. In addition, Y which shows X and the number of nitrogen which show the number of oxygen in each above-mentioned chemical formula is $X > 0$ and $Y > 0$.

[0076] Above MoSiOX NY from -- the reactant spatter carried [as the formation approach of the becoming semi-transparent membrane 3 (MoSiOX NY film)] out under the ambient atmosphere containing each gas of an argon (Ar), oxygen (O_2), and nitrogen (N_2), for example can be mentioned.

[0077] MoSiOX NY If the film is used for a semi-transparent membrane 3, the permeability and phase contrast over the transparency substrate 2 are controllable by changing the content of oxygen (O) or nitrogen (N). Therefore, especially Y that shows X and the number of nitrogen which show the number of oxygen in each above-mentioned chemical formula is not limited as a concrete numeric value, and is changed according to permeability or phase contrast.

[0078] In addition, MoSiOX NY By the film, generally, when O or N content is made to increase, it is in the inclination for both permeability and phase contrast to fall. Moreover, phase contrast and permeability are MoSiOX NY . It is MoSiOXNY as it mentioned above, in order to change with membranous thickness simultaneously. Setting out of membranous thickness also becomes important.

[0079] MoSiOX NY used as a semi-transparent membrane 3 in the gestalt of this operation Membranous permeability has 10 - 30% of desirable within the limits to the permeability of the transparency substrate 2, and especially its 15% order is desirable. Moreover, within the limits of phase contrast of 50-70 degrees is desirable to the transparency substrate 2, and it is desirable. [of especially 60 degree order] Furthermore, it is MoSiOX NY . Membranous thickness is within the limits of 500-700Å, and it is desirable that it is around 600Å. However, the above-mentioned transmission, phase contrast, and thickness are suitably set up according to the light source of an aligner, the class of resist 5, etc., as mentioned above.

[0080] Moreover, although it is not limited if it is the construction material which has protection-from-light nature sufficient with a thin film as a light-shielding film 4, especially chromium (optical density is about 3.0 at Cr:100nm thickness) is desirable, for example. As the formation approach of this light-shielding film 4, a spatter can be used suitably, for example.

[0081] Next, further, as shown in drawing 8 (a), it applies on this three-tiered structure 1a so that it may become the thickness of a request of a resist 8 (for example, EB resist: trade name ZEP810S, Nippon Zeon make). This resist 8 may be the same as the resist 5 mentioned above, and may differ.

[0082] Although not limited especially as thickness of the above-mentioned resist 8, it is desirable that it is about 4500-5500Å. The field equivalent to the transparency section 11 and the transfective section 12 is exposed by electron beam exposure (drawing Nakaya mark) to this resist 8 (exposure process). Exposure is made so that a resist 8 may be thoroughly removed after development to the field equivalent to the above-mentioned transparency section 11.

moreover, the field equivalent to the above-mentioned transfective section 12 -- receiving -- after development -- the thickness of a resist 8 -- about [of origin] -- light exposure is adjusted and exposure is made so that it may be set to one half.

[0083] Since exposure is made by scanning based on the same reference value to the field equivalent to the transparency section 11 and the transfective section 12, location precision is dramatically excellent in the above-mentioned electron beam exposure. So, after exposure of the field which is equivalent to the transfective section 12 previously is made, even if additional exposure is made to the field equivalent to the transparency section 11, a location gap does not arise and a request can be exposed.

[0084] Of this electron beam exposure, as shown in drawing 8 (b), the resist pattern which has the residual field 31 where a resist 8 remains as it is, the thin layer field 32 (equivalent to the transfective section 12) which serves as film thickness (about [in this case / of origin] $1/2$) from the original resist 8, and the clearance field 33 (equivalent to the transparency section 11) where the resist 8 was removed is formed on three-tiered structure 1a.

[0085] Then, as shown in drawing 8 (c), etching removes the light-shielding film 4 and semi-transparent membrane 3 of the clearance field 33, the transparency substrate 2 is exposed, and the transparency section 11 is formed (two-layer structure film clearance process).

[0086] Dry etching of a light-shielding film 4 is previously carried out to three-tiered structure 1a in which the resist pattern shown in drawing 8 (b) was specifically formed first. If a light-shielding film 4 is chromium film, it is Cl_2 as etching gas. Or CH_2 Cl_2 O_2 The dry etching which uses mixed gas can be used suitably. The selectivity of etching to the semi-transparent membrane 3 (MoSiOX NY film) which is a lower layer comes out of these mixed gas enough, and, for a certain reason, degradation of a semi-transparent membrane 3 is not generated at all.

[0087] And after clearance of a light-shielding film 4 ends, dry etching of a semi-transparent membrane 3 is carried out. On the occasion of this etching, the resist 8 in the residual field 31 and the lower layer light-shielding film 4 serve as a mask. A semi-transparent membrane 3 is MoSiOX NY. If it is the film and a light-shielding film 4 is chromium film, it is CF_4 as etching gas. And O_2 The dry etching which uses mixed gas can be used suitably. If this mixed gas is used, the selectivity of etching to the resist 8 and light-shielding film 4 (chromium film) as a masking material can remove only a next door and a semi-transparent membrane 3 effectively enough.

[0088] Furthermore, as shown in drawing 8 (d), ashing removes the resist 8 of the thin layer field 32 (resist clearance process). As this ashing, it is O_2 , for example. The plasma ashing method can be used suitably.

[0089] Finally, as shown in drawing 8 (e), etching removes the light-shielding film 4 in the thin layer field 32, a semi-transparent membrane 3 is exposed, and the transfective section 12 is formed (light-shielding film clearance process). Dry etching which was mentioned above when the light-shielding film 4 was chromium film at this time can be used suitably. In addition, it is removed, a light-shielding film 4 is exposed, and the resist 8 of the residual field 31 serves as the protection-from-light section 13. According to the above process, the photo mask 1 concerning this invention is manufactured.

[0090] Here, the size of the transparency section 11 is the size as which the shift of the exposure light at the time of exposure was considered, as mentioned above. Moreover, the permeability and phase contrast over the transparency substrate 2 in a semi-transparent membrane 3 are determined at the time of selection of construction material.

[0091] The concrete configuration of the photo mask 1 concerning this invention mentioned above is explained based on the following examples.

[0092] [Example] In this example, a quartz substrate is used as a transparency substrate 2. On this transparency substrate 2 After forming the semi-transparent membrane 3 which consists of an acid nitride (MoSiOX NY) of molybdenum silicide and forming further the light-shielding film 4 which consists of chromium (Cr) on it, by the manufacture approach mentioned above The photo mask 1 concerning this invention was manufactured (drawing 8 (a) refer to - (e) and the manufacture approach of a photo mask 1 mentioned above).

[0093] MoSiOX NY which serves as the transfective section 12 with the photo mask 1 obtained The set point of the transmission in the film (semi-transparent membrane 3) changes with the

light source of the aligner used at the time of exposure, classes, thickness of a resist 5, etc., as mentioned above. Then, it is MoSiOX NY by controlling the content of each above-mentioned gas in the case of a reactant spatter. The membranous content of O or N is changed and it is MoSiOX NY. It was set as membranous permeability (exposure absorption-of-light multiplier) and the value of a request of phase contrast (rate of exposure optical refraction).

[0094] In this example, when thickness of the semi-transparent membrane 3 (MoSiOX NY film) in the above-mentioned transfective section 12 was made into 600A, while setting permeability to about 15% of the permeability of the transparency substrate 2 (namely, transparency section 11) by changing the content of O or N at the time of formation of a semi-transparent membrane 3, the phase contrast over the transparency substrate 2 was set up near about 60 degree.

[0095] The relation of this permeability or phase contrast, and thickness of a semi-transparent membrane 3 (MoSiOX NY film) is shown in the graph of drawing 9. An axis of ordinate is permeability (%) or phase contrast (deg.=**), and an axis of abscissa is the thickness (A) of a semi-transparent membrane 3. This graph shows the dependency of the permeability and phase contrast in the KrF excimer laser to the thickness of a semi-transparent membrane 3. The thickness of a semi-transparent membrane 3 follows on increasing, and phase contrast (broken line) is increasing proportionally. On the other hand, although it becomes higher as the thickness of permeability (continuous line) of a semi-transparent membrane 3 is small, the more thickness becomes large at reverse, the more 0 is approached. That is, permeability changes so that it may be in inverse proportion to the thickness of a semi-transparent membrane 3.

[0096] In this graph, the neighborhood where the graph of the permeability shown as change and the continuous line of the phase contrast shown with a broken line crosses will show the relation between desirable permeability and phase contrast especially. So, when [especially about 15% of] the thing corresponding to this is used as a resist 5, using a KrF excimer laser as the light source of an aligner, the permeability of a semi-transparent membrane 3 (MoSiOX NY film) has 10 - 30% of desirable within the limits, and is desirable. Similarly, within the limits of phase contrast of 50-70 degrees is desirable, and especially the thing become about 60 degrees is desirable.

[0097] In addition, it is desirable that it is within the limits of 500-700A, and it is desirable that it is around 600A as the thickness of the semi-transparent membrane 3 at this time is understood also from drawing 9.

[0098] The photo mask 1 which has the semi-transparent membrane 3 which fulfills the above-mentioned conditions has obtained the optical engine performance which can fully form the desired level difference configuration 62 in an interlayer insulation film 6.

[0099] Here, when the permeability to the transparency section 11 of the above-mentioned transfective section 12 is about 15%, the optical intensity distribution on the wafer of the exposure light which penetrated the photo mask 1 when changing phase contrast are shown to drawing 10 (a) - (f). This drawing 10 (a) By - (f), the above-mentioned exposure luminous intensity is expressed with the contour line, and it is typically classified on the wafer in the configuration as a basic partition 21, the half field 22, and the through hole field 23 show to drawing 5 (a). In addition, only the field equivalent to the left half of a configuration as shown in drawing 5 (a) by drawing 10 (a) - (f) for convenience of explanation is illustrated.

[0100] Moreover, the numerical aperture (NA) of the optical system of 248nm and an aligner is [the line width of face of the half field 22 shown all over / A / drawing / the size of micrometers / 0.25 / and the through hole field 23 / the wavelength of 0.25micrometerx0.25micrometer and exposure light] 0.55.

[0101] Drawing 10 (a) - (f) shows the case of 50 degrees of phase contrast, 60 degrees, 70 degrees, 80 degrees, 100 degrees, and 130 degrees, respectively. Part S1 where exposure luminous intensity is [phase contrast] narrow a little in the about 23 through hole field half field 22 by 50 degrees as shown in drawing 10 (a) It sees. Thus, when phase contrast is too small, optical reinforcement becomes strong and it is the above S1. Since a part [like] is generated, in patterning, a resist 5 becomes is hard to be carried out to a desired configuration.

[0102] Part S2 where the exposure range of exposure light will become large to the about 23 through hole field half field 22 on the other hand if phase contrast exceeds 70 degrees as shown

in drawing 10 (c) - (f) It sees. As especially shown in drawing 10 (e) - (f), phase contrast follows on becoming large, and it is this S2. Discontinuous field S3 where the range turns large up and exposure light is not irradiated between the through hole fields 23 It is generated.

[0103] Thus, when phase contrast is too large, it is the above S2. S3 A part [like] is generated. Above S2 Drawing 4 (b) Secondary peak P1 which the resist decrease 54 explained in - (d) produces It corresponds and is S3. Drawing 4 (b) Point P0 which the resist 53 [remainder] explained in - (d) produces It corresponds. So, when phase contrast is too large, unnecessary irregularity will be formed on a resist 5.

[0104] On the other hand, as shown in drawing 10 (b), when phase contrast is 60 degrees, it is above-mentioned S1 -S3 to exposure light. It is not generated. That is, a discontinuous part is not generated about the optical reinforcement of exposure light, but optical reinforcement changes smoothly. So, when a resist 5 is exposed, generating of a resist 53 [remainder] or the resist decrease 54 can be avoided.

[0105] In the transfective section 12, the above result shows that it is proper to make phase contrast over the transparency section 11 into about 60 degrees, when permeability [as opposed to about 600Å and the transparency section 11 for thickness] is made into about 15%, using the MoSiOX NY film as a semi-transparent membrane 3.

[0106] Therefore, in the photo mask 1 of this invention which set up the above-mentioned phase contrast proper, even if it is a detailed exposure pattern, the resist 5 which has the exact resist level difference 52 without unnecessary irregularity as shown, for example in drawing 1 (c) - (d) can be obtained. Consequently, it becomes possible to form the very precise level difference configuration 62 in an interlayer insulation film 6 by repeating each process shown in drawing 3 (c) - (e).

[0107] After forming a copper (Cu) layer etc. by CVD (Chemical Vapor Deposition) on the interlayer insulation film 6 formed of the exposure and development using the above-mentioned photo mask 1 as shown in drawing 2 , it becomes possible by carrying out CMP (Chmical Mechanical Polishing) once further to form a joint with the lower layer wiring layer 7, and the upper embedding wiring simultaneously.

[0108] In addition, in forming a resist level difference in a resist using a photo mask, in this invention, the permeability of the transfective section serves as optical reinforcement of the original thickness which is set to 2 about 1/, but the photo mask and the exposure approach concerning this invention are not limited to such exposure. The photo mask and the exposure approach of this invention are suitably used, when performing exposure from which for example, optical reinforcement differs by once.

[0109]

[Effect of the Invention] The transparency section which the photo mask of this invention according to claim 1 is used as mentioned above in order to expose a predetermined pattern, and penetrates exposure light, In a photo mask equipped with the protection-from-light section which intercepts exposure light substantially, and the transfective section set up so that permeability might become lower than the permeability of the above-mentioned transparency section the above-mentioned transfective section As interference generated between the exposure light which penetrates this transfective section, and the exposure light which penetrates the transparency section is controlled, it is the configuration of having set up the phase contrast over the transparency section.

[0110] So, with the above-mentioned configuration, optical reinforcement of the transfective section almost proper in the whole region is realized, and the effectiveness that a desired resist pattern can be formed certainly is done.

[0111] The photo mask of this invention according to claim 2 is a configuration produced in addition to a configuration according to claim 1 as mentioned above when the permeability of the above-mentioned transparency section and the transfective section differs of changing the configuration of this transparency section based on the shift of the exposure light which penetrated the transparency section.

[0112] So, with the above-mentioned configuration, the effectiveness that the predetermined pattern formed actually can be exposed certainly is done.

[0113] The photo mask of this invention according to claim 3 is a configuration equipped with the semi-transparent membrane with which the above-mentioned transfective section consists of an acid nitride of silicide in addition to a configuration according to claim 1 or 2 as mentioned above.

[0114] So, with the above-mentioned configuration, since it becomes possible to change the permeability and phase contrast of a semi-transparent membrane suitably, the effectiveness that the permeability and phase contrast in the transfective section are easily controllable is done.

[0115] When the photo mask of this invention according to claim 4 has the permeability of the above-mentioned transfective section in 10 - 30% of within the limits to the permeability of the transparency section as mentioned above in addition to a configuration according to claim 3, the phase contrast of this transfective section is a configuration which is within the limits of 50-70 degrees to the above-mentioned transparency section.

[0116] So, with the above-mentioned configuration, the effectiveness that a desired resist pattern can be formed more certainly is done.

[0117] The manufacture approach of the photo mask of this invention according to claim 5 As mentioned above, the two-layer structure film formation process which forms the semi-transparent membrane which has the permeability of a light lower than this transparency substrate on a transparency substrate, and forms further the light-shielding film which intercepts light on it, The exposure process exposed with an electron beam after forming a resist in the shape of a layer further on the above-mentioned light-shielding film, The two-layer structure film clearance process of removing a semi-transparent membrane and a light-shielding film from the field where the resist was removed according to the above-mentioned exposure process, It is the approach of including the resist clearance process of removing a resist, and the light-shielding film clearance process of removing a light-shielding film from the above-mentioned thin layer field where the resist was removed, from the thin layer field which serves as film thickness from the original resist formed on the resist of the above-mentioned exposure process.

[0118] So, by the above-mentioned approach, the effectiveness that the photo mask easily mentioned above can be formed is done. Moreover, the effectiveness that it can form efficiently and certainly also does a desired exposure pattern so collectively on a photo mask.

[0119] The exposure approach of this invention according to claim 6 is the approach of forming in this resist the level difference from which thickness differs by exposing the resist formed in claim 1 thru/or any 1 term of 4 in the shape of a layer using the photo mask of a publication as mentioned above.

[0120] So, by the above-mentioned approach, while being able to attain simplification of an exposure process, such exposure is needed, for example, the effectiveness that the production process of a semiconductor device can be simplified is done.

[Translation done.]

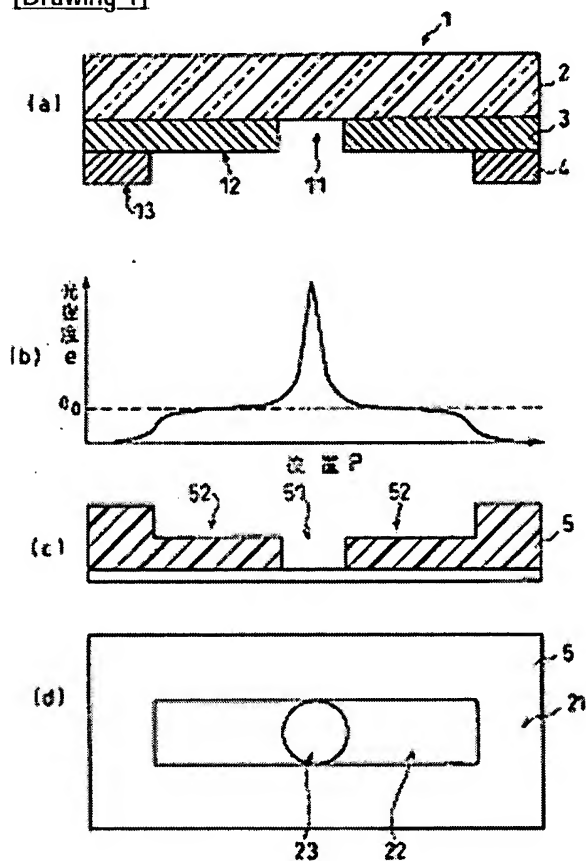
* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

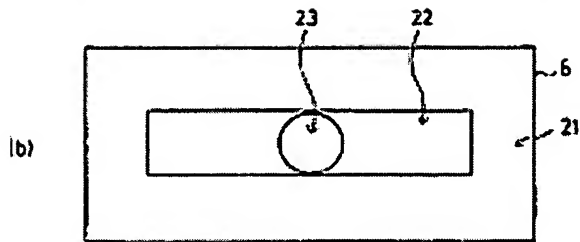
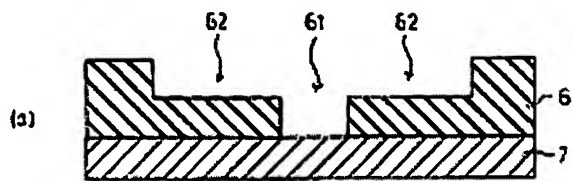
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

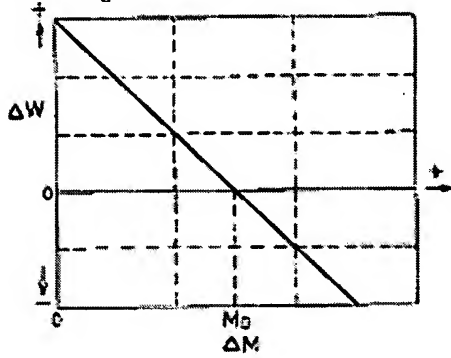
[Drawing 1]



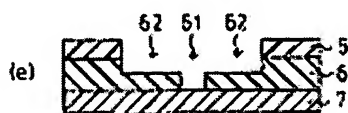
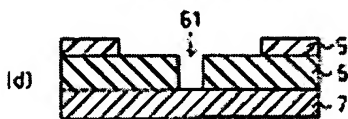
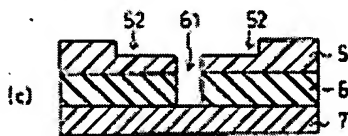
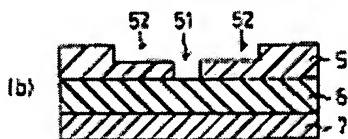
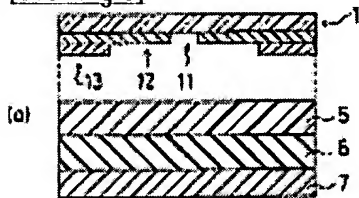
[Drawing 2]



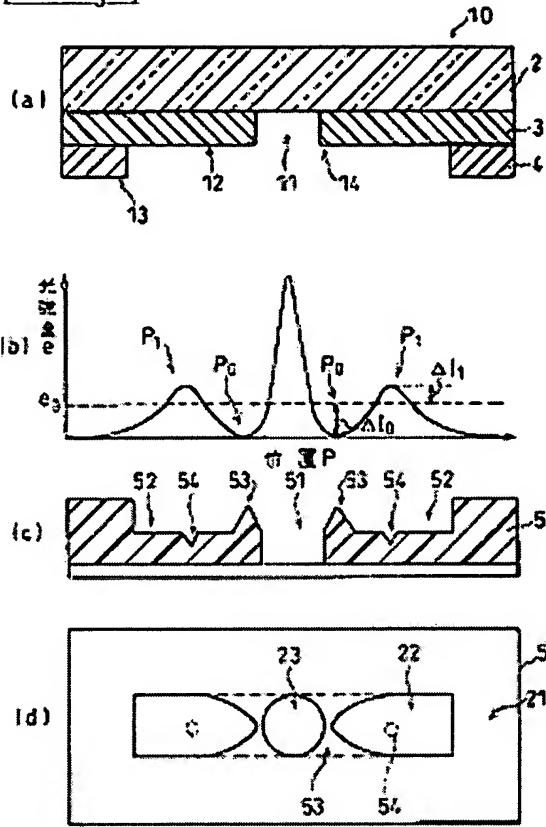
[Drawing 7]



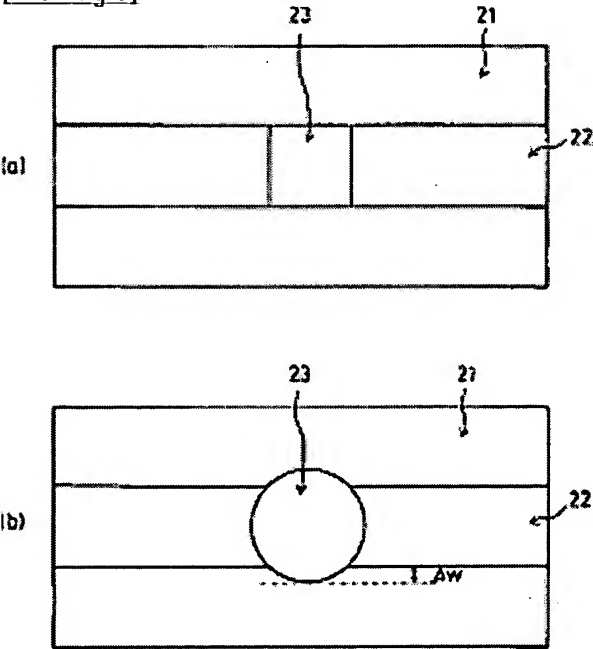
[Drawing 3]



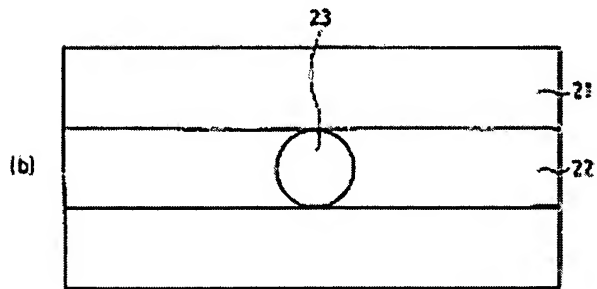
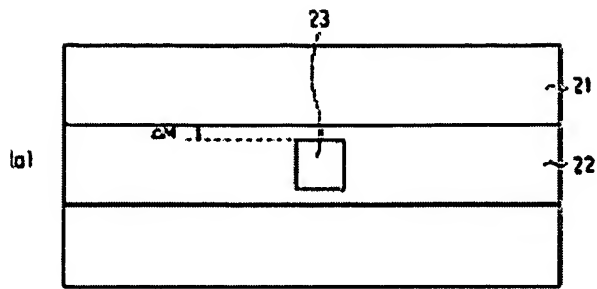
[Drawing 4]



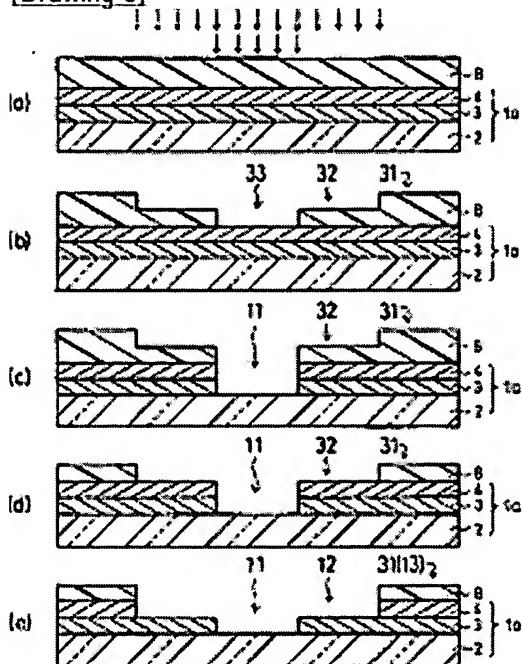
[Drawing 5]



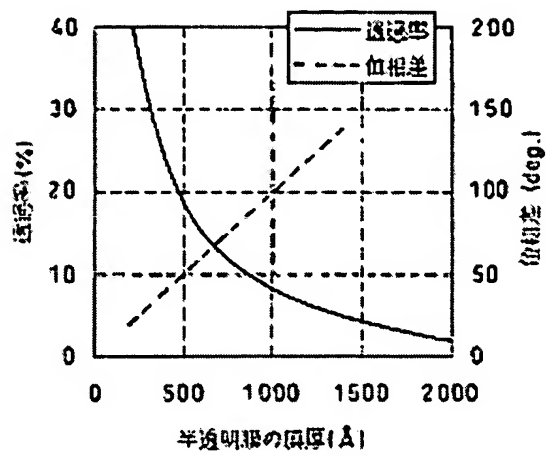
[Drawing 6]



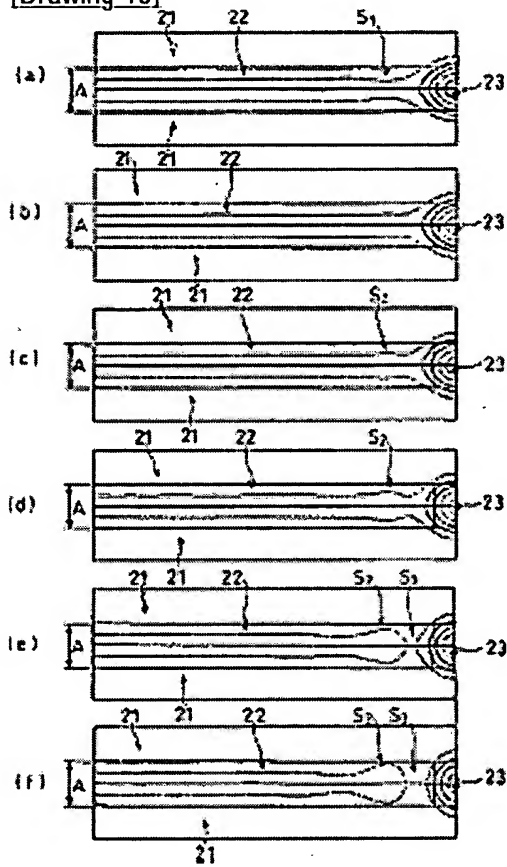
[Drawing 8]



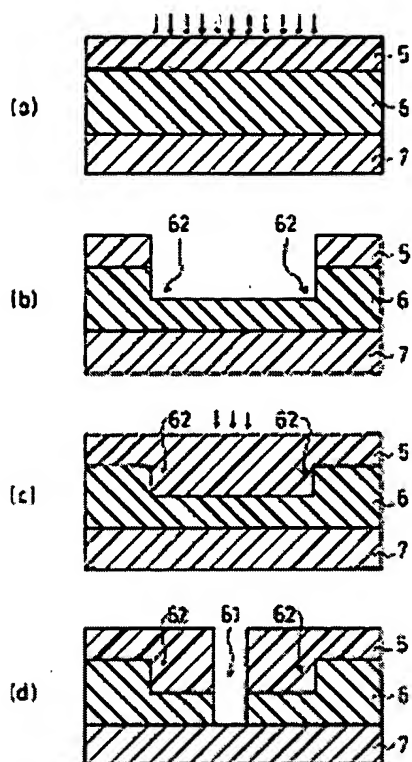
[Drawing 9]



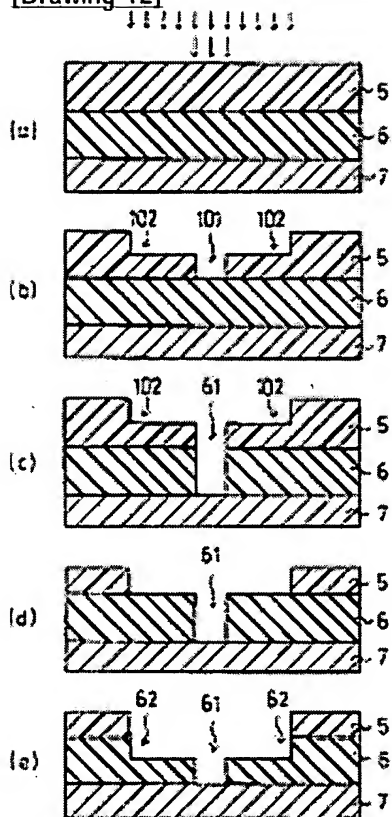
[Drawing 10]



[Drawing 11]



[Drawing 12]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-181048
(P2000-181048A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
G 0 3 F 1/08		G 0 3 F 1/08	A 2 H 0 9 5
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 0 2 P

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平10-357951

(22) 出願日 平成10年12月16日 (1998.12.16)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 小林 慎司

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100080034

弁理士 原 謙三

Fターム (参考) 2H095 BA06 BB03 BB10 BB14 BB18

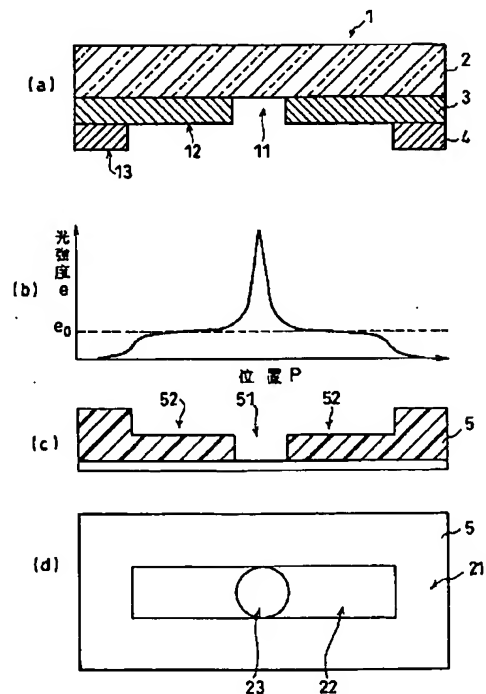
BB28 BC02 BC04 BC24

(54) 【発明の名称】 フォトマスクおよびその製造方法、並びにそれを用いた露光方法

(57) 【要約】

【課題】 透過部に対する半透過部の透過率および位相差を考慮することによって、レジストに正確なレジスト段差を形成するフォトマスクを提供する。

【解決手段】 フォトマスク1における半透過部12は、該半透過部12を透過する露光光と透過部11を透過する露光光との間に発生する干渉を抑制するように、透過部11に対する位相差が設定されている。このフォトマスク1を用いて露光を行うことによって、レジストホール51およびレジスト段差52が所定範囲（ハーフ領域22）内に確実に形成されたレジスト5を得ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】所定パターンを露光するために用いられ、露光光を透過する透過部と、露光光を実質的に遮断する遮光部と、透過率が上記透過部の透過率よりも低くなるように設定された半透過部とを備えているフォトマスクにおいて、

上記半透過部は、該半透過部を透過する露光光と透過部を透過する露光光との間に発生する干渉を抑制するように、透過部に対する位相差を設定していることを特徴とするフォトマスク。

【請求項2】上記透過部および半透過部の透過率が異なることにより生ずる、透過部を透過した露光光のシフトに基づいて、該透過部の形状を変化させることを特徴とする請求項1記載のフォトマスク。

【請求項3】上記半透過部は、シリサイドの酸化化物からなる半透明膜を備えていることを特徴とする請求項1または2記載のフォトマスク。

【請求項4】上記半透過部の透過率が、透過部の透過率に対して10～30%の範囲内にある場合、該半透過部の位相差は、上記透過部に対して50～70°の範囲内にあることを特徴とする請求項3記載のフォトマスク。

【請求項5】透明基板上に、該透明基板よりも低い光の透過率を有する半透明膜を形成し、さらにその上に光を遮断する遮光膜を形成する2層構造膜形成工程と、上記遮光膜上にさらにレジストを層状に形成した後、電子ビームで露光する露光工程と、上記露光工程によりレジストが除去された領域から半透明膜および遮光膜を除去する2層構造膜除去工程と、上記露光工程によりレジスト上に形成された、元のレジストよりも薄い層厚となっている薄層領域から、レジストを除去するレジスト除去工程と、レジストが除去された上記薄層領域から遮光膜を除去する遮光膜除去工程とを含むことを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項6】請求項1ないし4の何れか1項に記載のフォトマスクを用いて、層状に形成されたレジストを露光することにより、該レジストに層厚が異なる段差を形成することを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体素子の製造に用いるフォトマスクおよびその製造方法、並びに該フォトマスクを用いてなされる露光方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体素子の製造においては、図2(a)・(b)に示すように、下層配線層7の上に形成されている層間絶縁膜6にスルーホール61と配線溝とを形成し、配線材料を埋め込む手法が用いられている。

【0003】この場合の層間絶縁膜6は、図2(b)に示すように、周囲の領域(以下、基本領域21とする)から層間絶縁膜6が完全に除去されたスルーホール61に相当するスルーホール領域23を有している上に、さらに、基本領域21と比較して層間絶縁膜6の層厚がほぼ半分(1/2)となるハーフ領域22を有している。そしてこのハーフ領域22と基本領域21とで図2

(a)に示すような段差形状62が構成される。層間絶縁膜6に上記段差形状62を形成する方法としては、従来技術の組み合わせにより、たとえば、以下に示す2種類の方法を挙げることができる。

【0004】第一の方法は、ハーフエッチングを用いる方法である。この方法では、図11(a)に示すように、まず、最上層からレジスト5、層間絶縁膜6、下層配線層7の順で形成されたウエハに対してハーフ領域22(図2(b)参照)の露光・現像を行う(図中矢印)。

【0005】次に、図11(b)に示すように、現像後レジスト5が除去されたハーフ領域22に対してハーフエッチング処理を施し、層間絶縁膜6を元の層厚の半分程度にエッチングして、段差形状62を形成する。

【0006】その後、図11(c)に示すように、再度レジスト5を塗布した後、スルーホール領域23(図2(b)参照)の露光・現像を行う(図中矢印)。そして図11(d)に示すように、スルーホール領域23の層間絶縁膜6にエッチング処理を施し、スルーホール61を形成する。

【0007】第二の方法は、ハーフ露光を行う方法である。この方法では、まず、図12(a)に示すように、図11(a)に示したものと同一の構成を有するウエハにおいて、ハーフ領域22に対してハーフ露光(露光後のレジスト5の層厚が元の半分程度になる露光、図中矢印)を行う。その後、スルーホール領域23に対して不足する露光量を追加露光する。その結果、図12(b)に示すように、レジスト5にレジストホール101とレジスト段差102とが形成される。

【0008】その後、図12(c)に示すように、スルーホール領域23のエッチングを行って層間絶縁膜6を除去してスルーホール61を形成した後、図12(d)に示すように、ハーフ領域22のレジスト5を除去(アッシング)する。最後に、図12(e)に示すように、ハーフエッチング工程により層間絶縁膜6に段差形状62を形成する。

【0009】さらに、上記段差形状62を形成する他の方法として、透過率階調を具備したフォトマスク、すなわち、遮光部、半透過部、および透過部を設けたフォトマスクを用いて露光・現像工程を行う技術が知られている。

【0010】上記技術としては、たとえば、①特開昭63-18351号公報、②特開平6-27636号公

報、あるいは③特開平7-49410号公報に開示されている技術などが挙げられる。

【0011】上記①の技術では、半透過部として、酸化クロム(CrO)からなる半透明膜を用い、遮光部にクロム(Cr)膜を用いている。また、上記②の技術では、半透過部として、光を吸収する物質を混入させた酸化シリコン(SiO₂)膜を用いるとともに、遮光部として、酸化クロム/クロム/酸化クロム(CrO/Cr/CrO)の3層構造を有する遮光膜を用いている。さらに、上記③の技術では、クロム化合物を用いたフォトマスクにおいて、クロム化合物の膜厚を変えることによって遮光部や半透過部を形成している。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上述した各技術には、下記のような問題点がある。まず、上記第一の方法は、従来技術を活用した一般的な手法であるが、レジスト塗布工程、露光・現像工程、エッチング工程という一連の過程を2回繰り返す必要があり、工程数が非常に増加する。そのため、スループットが低下するとともに、半導体素子にダストの付着する機会が増えるため、デバイスの歩留りが低下するおそれがある。

【0013】また、上記第二の方法は、露光・現像工程を2回行う以外の工程は全て1回で済むので、上記第一の方法に比べると工程数が削減される。しかしながら、露光・現像工程に際して2枚のフォトマスクを用いるため、ハーフ領域22の露光パターンとスルーホール領域23の露光パターンとのアライメント精度が必要となる。

【0014】上記各露光パターンのアライメント精度は、2枚のフォトマスクをステップでそれぞれアライメントする際の精度と、2枚のフォトマスク自身の相対位置精度(フォトマスクの重ね合わせ精度)とによって決定される。そのため、何れも非常に高精度が要求されることになり、現像・露光工程における不安定要素となり得る。

【0015】このように上記の各方法では、複数回の露光・現像を必要としたり、フォトマスクの高精度な位置合わせを必要としたりするため、層間絶縁膜6に段差形成する工程の煩雑化を招来している。

【0016】これに対して、上記①～③の各技術では、1枚のフォトマスクに遮光部および透過部に加えて半透過部を備えているものを用いている。そのため、1回の露光・現像で、レジスト5に図12(b)に示すようなレジスト段差102を形成することが可能である。それゆえ、層間絶縁膜6に段差形状62を形成するに当たって複数回の露光・現像や高精度なフォトマスクの位置合わせが必要なく、段差形成工程をより短縮化・簡素化することが可能である。

【0017】しかしながら、上記①～③の各技術では、1枚のフォトマスクに具備されている透過部および半透

過部の具体的な構成に関して見た場合、透過率階調については言及されているものの、透過部に対する半透過部の位相差設定については何ら言及されていない。

【0018】半導体素子の製造においては、スルーホール61や配線溝がより精細となっているが、このような精細な露光パターンを、透過率階調を有するフォトマスクを用いて正確にレジスト5に転写するためには、透過部に対する半透過部の位相差制御が不可欠となってくる。それゆえ、上記①～③の各技術では、レジスト5に対して所望のレジスト段差102を確実に形成することができないという問題点を招来する。

【0019】本発明は、上記の問題点を解決するためになされたものであって、その目的は、半透過部の透過部に対する透過率および位相差を考慮することによって、レジスト上に正確なレジスト段差を形成することができるフォトマスクと、該フォトマスクの製造方法と、さらに、該フォトマスクを用いた露光方法とを提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1記載のフォトマスクは、上記の課題を解決するために、所定パターンを露光するために用いられ、露光光を透過する透過部と、露光光を実質的に遮断する遮光部と、透過率が上記透過部の透過率よりも低くなるように設定された半透過部とを備えているフォトマスクにおいて、上記半透過部は、該半透過部を透過する露光光と透過部を透過する露光光との間に発生する干渉を抑制するように、透過部に対する位相差を設定していることを特徴としている。

【0021】上記請求項1記載の構成によれば、上記半透過部では、透過部に対する透過率だけでなく、位相差も考慮しているので、透過部を透過する露光光と半透過部を透過する光との干渉が抑制される。その結果、半透過部では、上記干渉により透過率が大幅に変化するような箇所が発生しなくなり、ほぼ全域でほぼ適正な光強度を実現することができる。

【0022】そのため、上記フォトマスクを用いてレジストを露光・現像すると、レジスト残りやレジスト減りがほとんど発生しないので、所望のレジストパターンを確実に形成することができる。それゆえ、たとえばレジスト上に、層厚が元のほぼ1/2となる領域を有するレジスト段差を、確実かつ効率的に形成することが可能となる。

【0023】上記レジスト段差が確実に形成されることにより、エッチング処理やアッシング処理を施せば、半導体素子上の層間絶縁膜に所望の段差形状を確実かつ容易に形成することが可能になる。それゆえ、半導体素子の製造において、層間絶縁膜に対して、より精細な構造のスルーホールや配線溝をより効率的に形成することができる。

【0024】本発明の請求項2記載のフォトマスクは、上記の課題を解決するために、請求項1記載の構成に加えて、上記透過部および半透過部の透過率が異なることにより生ずる、透過部を透過した露光光のシフトに基づいて、該透過部の形状を変化させることを特徴としている。

【0025】上記のように透過部および半透過部の透過率が異なっていると、該透過部を透過した露光光は、半透過部を透過した露光光に比べて、照射面積が拡大するようにシフトする場合がある。そこで、上記請求項2記載の構成では、上記シフトに基づいて透過部の形状を変化させている。そのため、露光に際して生じる上記シフトを解消し、所望のレジストパターンをより確実に形成することができる。

【0026】本発明の請求項3記載のフォトマスクは、上記の課題を解決するために、請求項1または2記載の構成に加えて、上記半透過部は、シリサイドの酸化化物からなる半透明膜を備えていることを特徴としている。

【0027】上記請求項3記載の構成によれば、半透過部に、シリサイドの酸化化物からなる半透明膜を用いて、酸素あるいは窒素の含有率を変化させることにより、半透明膜の透過率や位相差を変化させることができる。それゆえ、半透過部における透過率や位相差を容易に制御することができる。

【0028】本発明の請求項4記載のフォトマスクは、上記の課題を解決するために、請求項3記載の構成に加えて、上記半透過部の透過率が、透過部の透過率に対して10～30%の範囲内にある場合、該半透過部の位相差は、上記透過部に対して50～70°の範囲内にあることを特徴としている。

【0029】上記請求項4記載の構成によれば、半透過部としてシリサイドの酸化化物を用いた場合に、半透過部の透過率と位相差とが上記範囲内とすれば、半透過部に生じる露光光の干渉をより一層効果的に抑制して、所望のレジストパターンをより確実に形成することができる。

【0030】本発明の請求項5記載のフォトマスクの製造方法は、上記の課題を解決するために、透明基板上に、該透明基板よりも低い光の透過率を有する半透明膜を形成し、さらにその上に光を遮断する遮光膜を形成する2層構造膜形成工程と、上記遮光膜上にさらにレジストを層状に形成した後、電子ビームで露光する露光工程と、上記露光工程によりレジストが除去された領域から半透明膜および遮光膜を除去する2層構造膜除去工程と、上記露光工程によりレジスト上に形成された、元のレジストよりも薄い層厚となっている薄層領域から、レジストを除去するレジスト除去工程と、レジストが除去された上記薄層領域から遮光膜を除去する遮光膜除去工程とを含むことを特徴としている。

【0031】上記請求項5記載の方法によれば、透明基

板上に半透明膜および遮光膜からなる2層構造膜を形成しているため、上述したフォトマスクを容易に形成することができる。また、半透明膜および遮光膜のパターニングをレジストにより行っているため、フォトマスクに対して所望の露光パターンを効率的かつ確実に形成することができる。

【0032】本発明の請求項6記載の露光方法は、上記の課題を解決するために、請求項1ないし4の何れか1項に記載のフォトマスクを用いて、層状に形成されたレジストを露光することにより、該レジストに層厚が異なる段差を形成することを特徴としている。

【0033】上記請求項6記載の方法によれば、たとえば、段差を有するレジストパターンを1回の露光のみでしかも確実に形成することができる。それゆえ、露光工程の簡素化を図ることができるとともに、このような露光を必要とする、たとえば半導体素子の製造工程を簡素化することもできる。

【0034】

【発明の実施の形態】本発明の実施の一形態について図1ないし図10に基づいて説明すれば、以下の通りである。なお、本発明はこれに限定されるものではない。

【0035】本発明にかかるフォトマスクは、半導体素子の層間絶縁膜に段差形状を形成することを目的として、1回の露光・現像で、レジスト上にレジスト段差（段差）を形成するために用いられるものである。

【0036】そのため、1枚のフォトマスクに、高い透過率で露光光を透過する透過部、透過率が上記透過部の透過率よりも低くなるように設定された半透過部、および露光光を実質的に遮断する遮光部をそれぞれ設定した上で、透過部に対する半透過部の位相差を、上記半透過部を透過する露光光と透過部を透過する露光光との間に発生する干渉を抑制するように最適化している。

【0037】まず、半導体素子における層間絶縁膜の形成について説明する。図2(a)に示すように、下層配線層7上に層間絶縁膜6が形成されたウエハを例とすると、該層間絶縁膜6には、下層配線層7を露出するためのスルーホール61が形成され、さらにその周囲に配線溝となる段差形状62が形成されている。この段差形状62は、少なくとも、形成された当初の層厚を有する領域と、層間絶縁膜6の層厚が当初のほぼ半分(1/2)となる領域とからなっている。

【0038】なお、以下の説明では、図2(b)に示すように、上記形成された当初の層厚を有する領域に相当する領域を基本領域21とし、層厚が当初のほぼ半分(1/2)となる領域に相当する領域をハーフ領域22とし、スルーホール61に相当する領域をスルーホール領域23とする。

【0039】上記層間絶縁膜6に段差形状62は、レジストを用いたエッチングにより形成されるが、この段差形状62に相当する正確なレジストパターンを露光する

ためには、少なくとも3階調の透過率設定を有するフォトマスクが用いられる。このフォトマスクを用いた段差形状62の形成過程について説明する。

【0040】まず、図3(a)に示すように、下層配線層7上に層間絶縁膜6を形成したウエハの層間絶縁膜6上に、さらに層状のレジスト5を形成し、フォトマスク1を介して露光する。このフォトマスク1は透過部11、半透過部12、および遮光部13を有している。その後、現像することにより、図3(b)に示すように、レジストホール51およびレジスト段差52を有するレジスト5が形成される。

【0041】このとき、遮光部13に相当する領域は上記基本領域21であり、ウエハ上のレジスト5がそのまま残存する。半透過部12に相当する領域は上記ハーフ領域22であり、現像後、レジスト5が元の層厚のほぼ1/2となる。このハーフ領域22によりレジスト段差52が形成される。透過部11に相当する領域は上記スルーホール領域23であり、レジスト5が完全に除去されてレジストホール51となる。

【0042】その後、図3(c)に示すように、レジストホール51（スルーホール領域23）にエッチングを行うことにより、層間絶縁膜6を除去して下層配線層7を露出させてスルーホール61を形成した後、図3(d)に示すように、ハーフ領域22のレジスト5を除去（アッシング）する。最後に、図3(e)に示すように、ハーフエッチング工程により、ハーフ領域22における層間絶縁膜6を元の厚さの半分程度にエッチングし、層間絶縁膜6に段差形状62を形成する。

【0043】このように層間絶縁膜6に段差形状62を形成するためには、エッチングにおけるマスキング材料となるレジスト5に対して、ハーフ領域22にレジスト段差52を設ける必要がある。

【0044】ここで、上記フォトマスク1では、ハーフ領域22にレジスト段差52を形成するために、透過部11の透過率に対して、半透過部12における透過率を厳密に設定している。つまり、透過部11の透過率は、透過部11を透過した露光光がレジスト5を完全に除去し得る光強度であるとすれば、半透過部12の透過率は、半透過部12を透過した露光光がレジスト5を元の層厚のほぼ1/2程度にする光強度となるように設定されている。

【0045】しかしながら、半透過部12では、単に透過部11に対する透過率を設定するだけでは、レジスト5に確実なレジスト段差52を形成することができない。さらに半透過部12では、透過部11に対する位相差も設定する必要がある。

【0046】上記位相差の設定について、図4(a)に示すように、透過部11に対する半透過部12の位相差が180°付近であるフォトマスク10を用いてレジスト5を露光した状況を例に挙げて説明する。

【0047】上記フォトマスク10は、図4(a)に示すように、透明基板2上に半透明膜3および遮光膜4の2層構造膜が形成された3層構造となっている。また、上記透明基板2の露出している部位が透過部11であり、透明基板2を覆う半透明膜3の露出している部位が半透過部12であり、透明基板2・半透明膜3を覆っている遮光膜4の部位が遮光部13である。

【0048】このとき、上記半透過部12の透過率は、上述したように、半透明膜3を介してレジスト5を露光した際に、その層厚が元の層厚のほぼ半分となるように露光され得る光強度 e_0 に設定されているが、透過部11（透明基板2）に対する位相差については特に考慮されていない。

【0049】上記透過部11の透明基板2に対する半透過部12の半透明膜3の位相差が180°付近の場合、透過部11と半透過部12との境界線14上では、逆位相の光干渉効果によって、光強度が0となる部位が生ずる。具体的には、縦軸を光強度 e とし横軸をウエハ上の位置 P とした光強度分布のグラフにおいて、図4(b)に示すように、上記境界線14上に、光強度が0となる点 P_0 が生じる。そのため、上記フォトマスク10を用いてレジスト5を露光・現像すると、図4(c)のレジスト断面図に示すように、上記点 P_0 に相当する部位では光強度が0となることから、レジスト残り53が発生する。

【0050】また、透過部11における透明基板2の一次回折光と、半透過部12における半透明膜3の透過光とが互いに同位相となり干渉する位置（図中では、長方形のハーフ領域22において、短い側の辺と中央のレジストホール51との中間近傍となる位置）では、光強度の二次ピーク P_1 が生じる。そのため、図4(c)に示すように、この二次ピーク P_1 に相当する部位においては、レジスト5が所望の層厚より減少するレジスト減り54が発生する。

【0051】すなわち、上述した半透明膜3の透過率が、図4(b)における破線で示すような、適正な光強度 e_0 に設定されたとしても、透過部11における透明基板2に対する半透過部12における半透明膜3の位相差を設定しなければ、点 P_0 では光強度差 $\Delta I = \Delta I_0$ 、二次ピーク P_1 では光強度差 $\Delta I = \Delta I_1$ が発生することになる。

【0052】したがって、位相差を考慮しない上記フォトマスク10は、半透明膜3に、最大で $\Delta I_0 + \Delta I_1$ の光強度差が生じている状態で露光に用いられることになる。その結果、上記フォトマスク10を用いた露光・現像では、図4(d)に示すように、レジスト5にレジスト段差52を確実に形成することができない。

【0053】上記レジスト段差52は、図4(d)中では、理想的には、周囲を基本領域21で囲まれ、破線部も含めたほぼ長方形の領域となるハーフ領域22に形

成されるはずである。しかしながら、スルーホール領域23の周囲である点P₀に相当する部位に、元の1/2以上の層厚を有するレジスト残り53が発生し、さらに、上記二次ピークP₁に相当する部位にはレジスト減り54が発生する(図中破線で示す円形)。

【0054】したがって、透過部11に対する半透過部12の透過率だけを適正な値に設定しても、透過部11に対する半透過部12の位相差を考慮しない限り、正確なレジスト段差52を有するレジスト5を得ることができないことになる。正確なレジスト段差52を形成できなければ、層間絶縁膜6に正確なハーフ領域22を形成することができなくなり、結果的に所望の段差形状62を有する層間絶縁膜6が得られなくなる。

【0055】そこで、本発明のフォトマスク1では、半透過部12において、透過部11に対する透過率だけでなく位相差も設定したものをを用いている。

【0056】図1(a)に示すように、上記フォトマスク1としては、上述したフォトマスク10と同様に3層構造(透明基板2・半透明膜3・遮光膜4)のものが用いられる。透明基板2の露出している部位は透過部11であり、透明基板2を覆う半透明膜3の露出している部位が半透過部12であり、透明基板2・半透明膜3を覆っている遮光膜4の部位が遮光部13である。

【0057】このときの半透過部12の透過率は、上記適正な光強度 e_0 となるように設定されている。さらに、この透過率に加えて、透過部11に対する半透過部12の位相差も最適化されている。本発明では、レジスト5にレジスト段差52を確実に形成するために、半透過部12を透過する露光光と透過部11を透過する露光光との間に発生する干渉を抑制するように位相差が設定される。

【0058】そのため、図1(b)の光強度分布のグラフに示すように、半透過部12の透過率は、ほぼ全域でほぼ適正な光強度 e_0 となる。換言すれば、半透明膜3においては、露光光がほとんど干渉しないため、光強度差 ΔI がほぼ0となり、上述したフォトマスク10のような光強度差 $\Delta I = \Delta I_0 + \Delta I_1$ は発生しない。

【0059】それゆえ、上記フォトマスク1を用いてレジスト5を露光・現像すると、図1(c)のレジスト断面図に示すように、ハーフ領域22において、レジストホール51の近傍でのレジスト残り53やレジスト減り54の発生を回避することができる。したがって、ハーフ領域22では、レジスト5の層厚が元のほぼ1/2となり、所望のレジスト段差52を形成することができる。

【0060】しかも、図1(d)のレジスト平面図に示すように、ハーフ領域22は、フォトマスク1に形成された露光パターンにほぼしたがったレジストパターンに形成されている。すなわち、ハーフ領域22は、周囲を基本領域21に囲まれたほぼ長方形の領域となり、さ

らに中央部に基本領域21と接するようにスルーホール領域23が形成されている。そのため、レジスト5に対して確実なレジスト段差52を効率的に形成することができる。

【0061】上記レジスト段差52が形成されたレジスト5に対して、エッチング処理およびアッシング処理を施せば、図2(a)・(b)に示すような、所望の段差形状62およびハーフ領域22が形成された層間絶縁膜6を得ることができる。

【0062】上記半透過部12においては、図4(c)・(d)に示すようなレジスト残り53・レジスト減り54を回避できる透過率および位相差の適正な数値は特に限定されるものではなく、たとえば、露光工程に用いられる露光装置の光源や、レジスト5として用いられる材質の性能、形成されるレジスト5の層厚などにより適宜変動する。

【0063】また、上記半透過部12の透過率および位相差は、半透明膜3の膜厚により同時に変化する場合があるため、半透過部12における透過率・位相差の設定に際しては、半透明膜3の膜厚も適正に設定されることが非常に好ましい。

【0064】たとえば、本実施の形態では、後述するように半透明膜3としてモリブデンシサイドの酸化化物(MoSiO_xN_y)を用いている。このとき、半透過部12の透過率は、透過部11の透過率に対して10~30%の範囲内であることが好ましく、15%前後であることが特に好ましい。また、透過部11に対する位相差は50~70°の範囲内であることが好ましく、60°前後であることが特に好ましい。なお、上記半透過部12の透過率および位相差については後述する。

【0065】本発明のフォトマスク1では、上述した半透過部12にて、透過部11に対する透過率および位相差を適正に設定することに加えて、さらに、半透過部12および遮光部13を含む露光パターンのサイズを、適正に調整することがより好ましい。

【0066】たとえば、層間絶縁膜6に上記スルーホール61および段差形状62を形成するために、図5(a)に示すように、基本領域21に周辺を囲まれるように長方形のハーフ領域22を設け、このハーフ領域22の中央部に基本領域21に接触するようにしてスルーホール61を設ける露光パターンを用いるとする。この場合に用いられるフォトマスク1では、基本領域21が遮光部13、ハーフ領域22が半透過部12、スルーホール61が透過部11に相当する。

【0067】ところが、上記フォトマスク1で、図3(a)に示すように、層間絶縁膜6上に形成されたレジスト5を露光・現像すると、半透過部12と透過部11との透過率の差により、図5(b)に示すように、ウエハ上でのレジストパターンがシフトして、露光パターン通りの所望のレジストパターンが得られない。

【0068】具体的には、基本領域21に接するように形成されるはずのスルーホール領域23が、図5(b)に示すように、露光光の照射領域が拡大し、基本領域21を幅 ΔW 侵食するようにシフトする(このときの幅 ΔW をシフト幅 ΔW とする)。このシフト幅 ΔW の発生により、スルーホール領域23は図5(a)に示すような理想的なサイズよりも大きくなるため、層間絶縁膜6に所望のスルーホール61を形成することができなくなる。

【0069】そこで、本発明のフォトマスク1では、上記透過部11および半透過部12の透過率が異なることにより生ずる、透過部11を透過した露光光のシフト(シフト幅 ΔW)に基づいて、上記透過部11の形状を、実際に形成する形状から変化させている。本実施の形態では、図6(a)に示すように、スルーホール領域23の大きさを、ハーフ領域22に対して小さくなるように設定している。

【0070】スルーホール領域23はフォトマスク1における透過部11に相当するので、半透過部12に相当するハーフ領域22よりも露光光の透過率が高くなる。そのため、露光時にシフト幅 ΔW が発生する。それゆえ、このシフト幅 ΔW に基づいて透過部11(スルーホール領域23)のサイズを ΔM だけ小さくする(縮小幅 ΔM とする)。

【0071】これによって、図6(b)に示すように、図5(a)で示したような理想的な露光パターンに近い、所望のレジストパターン(基本領域21に接するスルーホール領域23を有するレジストパターン)を得ることができる。なお、上記シフト幅 ΔW は、フォトマスク1や露光装置の構成によって適宜変化するパラメータであるので、特に数値として限定されるものではない。

【0072】たとえば、図7のグラフに示すように、上記シフト幅 ΔW と縮小幅 ΔM との関係について見ると、縮小幅 ΔM が0である露光パターン(図5(a)参照)で露光すれば、スルーホール領域23のシフト幅 ΔW は最大となる(図5(b)参照)。そこで、縮小幅 ΔM を大きくしていくと、シフト幅 ΔW が0になる点 M_0 に達する。それゆえ、縮小幅 $\Delta M = M_0$ とした露光パターン(図6(a)参照)を用いれば、適正なスルーホール61が形成されることになる(図6(b)参照)。ただし、この縮小幅 $\Delta M = M_0$ は露光装置の光源や、フォトマスク1における半透過部12・透過部11の透過率などにより適宜変化するものである。

【0073】次に、上述した本発明のフォトマスク1の製造方法について説明する。上記フォトマスク1の製造に当たっては、少なくとも、2層構造膜形成工程と、露光工程と、2層構造膜除去工程と、レジスト除去工程と、遮光膜除去工程との5工程が実施される。

【0074】まず、透明基板2上に半透明膜3を形成し、さらにこの半透明膜3の上に遮光膜4を形成する。

つまり、透明基板2上に、半透明膜3および遮光膜4からなる2層構造膜を形成することによって、図8(a)に示すような3層構造1aを得る(2層構造膜形成工程)。

【0075】上記半透明膜3としては所望の透過率を得られる材質であれば限定されるものではないが、たとえば、シリサイドの酸化物、窒化物、あるいは酸窒化物が好ましく、モリブデンシリサイド(MoSi)の酸化物(MoSiO_x)、窒化物(MoSiN_y)、あるいは酸窒化物(MoSiO_xN_y)がより好ましく、 MoSiO_xN_y が特に好ましい。なお、上記各化学式中の酸素数を示すXおよび窒素数を示すYは、 $X > 0$ 、 $Y > 0$ である。

【0076】上記 MoSiO_xN_y からなる半透明膜3(MoSiO_xN_y 膜)の形成方法としては、たとえば、アルゴン(Ar)、酸素(O_2)、および窒素(N_2)の各ガスを含む雰囲気下で実施される反応性スパッタ法を挙げることができる。

【0077】 MoSiO_xN_y 膜を半透明膜3に用いると、酸素(O)あるいは窒素(N)の含有率を変化させることにより、透明基板2に対する透過率や位相差を制御することができる。そのため、上記各化学式中の酸素数を示すXおよび窒素数を示すYは、具体的な数値として特に限定されるものではなく、透過率や位相差によって変動する。

【0078】なお、 MoSiO_xN_y 膜では、一般的に、OあるいはN含有量を増加させると透過率や位相差がともに低下する傾向にある。また、位相差、透過率は MoSiO_xN_y 膜の膜厚により同時に変化するため、上述したように、 MoSiO_xN_y 膜の膜厚の設定も重要となる。

【0079】本実施の形態において半透明膜3として用いられる MoSiO_xN_y 膜の透過率は、透明基板2の透過率に対して10~30%の範囲内が好ましく、15%前後が特に好ましい。また、位相差は、透明基板2に対して50~70°の範囲内が好ましく、60°前後が特に好ましい。さらに MoSiO_xN_y 膜の膜厚は、500~700Åの範囲内であり、600Å前後であることが好ましい。ただし、上記透過率や位相差、膜厚は、上述したように、露光装置の光源やレジスト5の種類などによって適宜設定されるものである。

【0080】また、遮光膜4としては薄膜で十分な遮光性を有する材質であれば限定されるものではないが、たとえばクロム(Cr:100nmの膜厚で光学濃度が約3.0)が特に好ましい。この遮光膜4の形成方法としては、たとえばスパッタ法を好適に用いることができる。

【0081】次に、図8(a)に示すように、この3層構造1aの上に、さらに、レジスト8(たとえばEBレジスト:商品名ZEP810S、日本ゼオン製)を所望

の厚さとなるように塗布する。このレジスト8は、上述したレジスト5と同じものであってもよいし、異なるものであってもよい。

【0082】上記レジスト8の層厚としては特に限定されるものではないが、4500～5500Å程度であることが好ましい。このレジスト8に対して、電子ビーム露光(図中矢印)により、透過部11および半透過部12に相当する領域の露光を行う(露光工程)。上記透過部11に相当する領域に対しては現像後にレジスト8が完全に除去されるように露光がなされる。また、上記半透過部12に相当する領域に対しては、現像後にレジスト8の層厚が元の約1/2となるように露光量を調整して露光がなされる。

【0083】上記電子ビーム露光では、透過部11および半透過部12に相当する領域に対して、同じ基準値を基にして走査することによって露光がなされるため、位置精度が非常に優れている。それゆえ、先に半透過部12に相当する領域の露光がなされた後に、透過部11に相当する領域に追加露光がなされても、位置ずれが生ずることがなく、所望の露光を行うことができる。

【0084】この電子ビーム露光によって、図8(b)に示すように、3層構造1a上に、レジスト8がそのまま残存する残存領域31、元のレジスト8よりも薄い層厚(この場合、元の約1/2)となっている薄層領域32(半透過部12に相当)、レジスト8が除去された除去領域33(透過部11に相当)を有するレジストパターンが形成される。

【0085】その後、図8(c)に示すように、エッチングにより除去領域33の遮光膜4および半透明膜3を除去して、透明基板2を露出させて透過部11を形成する(2層構造膜除去工程)。

【0086】具体的には、まず、図8(b)に示すレジストパターンが形成された3層構造1aに対して、先に遮光膜4のドライエッチングを実施する。遮光膜4がクロム膜であれば、エッチングガスとしてCl₂またはCH₃Cl₂とO₂との混合ガスを使用するドライエッチングを好適に用いることができる。これら混合ガスは、下層である半透明膜3(MoSiO_xN_y膜)に対するエッチングの選択性が十分であるため、半透明膜3の劣化は全く発生しない。

【0087】そして、遮光膜4の除去が済んだ後に、半透明膜3のドライエッチングを実施する。このエッチングに際しては、残存領域31におけるレジスト8と下層の遮光膜4とがマスクとなる。半透明膜3がMoSiO_xN_y膜であり、遮光膜4がクロム膜であれば、エッチングガスとしてCF₄およびO₂の混合ガスを使用するドライエッチングを好適に用いることができる。この混合ガスを用いれば、マスキング材料としてのレジスト8および遮光膜4(クロム膜)に対するエッチングの選択性が十分となり、半透明膜3のみを効果的に除去するこ

とができる。

【0088】さらに、図8(d)に示すように、アッシングによって薄層領域32のレジスト8を除去する(レジスト除去工程)。このアッシングとしては、たとえば、O₂プラズマアッシング法を好適に用いることができる。

【0089】最後に、図8(e)に示すように、薄層領域32における遮光膜4をエッチングにより除去し、半透明膜3を露出させて半透過部12を形成する(遮光膜除去工程)。このとき遮光膜4がクロム膜であれば上述したようなドライエッチングを好適に用いることができる。なお、残存領域31のレジスト8は除去されて遮光膜4が露出され、遮光部13となる。以上の過程によって、本発明にかかるフォトマスク1を製造する。

【0090】ここで、透過部11のサイズは、上述したように、露光時における露光光のシフトが考慮されたサイズとなっている。また、半透明膜3における透明基板2に対する透過率および位相差は、材質の選定時ににおいて決定される。

【0091】上述した本発明にかかるフォトマスク1の具体的な構成について、以下の実施例に基づいて説明する。

【0092】〔実施例〕本実施例では、透明基板2として石英基板を用い、この透明基板2上に、モリブデンシリサイドの酸化化物(MoSiO_xN_y)からなる半透明膜3を形成し、さらにその上にクロム(Cr)からなる遮光膜4を形成した後、上述した製造方法により、本発明にかかるフォトマスク1を製造した(図8(a)～(e)および上述したフォトマスク1の製造方法を参照)。

【0093】得られるフォトマスク1で半透過部12となるMoSiO_xN_y膜(半透明膜3)における透過率の設定値は、前述したように、露光時に用いられる露光装置の光源やレジスト5の種類・層厚などにより変化する。そこで、反応性スパッタの際に、上記各ガスの含有率を制御することにより、MoSiO_xN_y膜のOまたはNの含有量を変化させて、MoSiO_xN_y膜の透過率(露光光の吸収係数)および位相差(露光光の屈折率)を所望の値に設定した。

【0094】本実施例では、上記半透過部12における半透明膜3(MoSiO_xN_y膜)の膜厚を600Åとした場合、半透明膜3の形成時にOまたはNの含有量を変化させることによって、透過率を、透明基板2(すなわち透過部11)の透過率の約15%に設定するとともに、透明基板2に対する位相差を約60°付近に設定した。

【0095】この透過率または位相差と半透明膜3(MoSiO_xN_y膜)の膜厚との関係とを図9のグラフに示す。縦軸は透過率(%)または位相差(deg. = °)であり、横軸が半透明膜3の膜厚(Å)である。このグラ

10

20

30

40

50

フでは、半透明膜3の膜厚に対するKrFエキシマレーザーにおける透過率・位相差の依存性について示している。半透明膜3の膜厚が増加するに伴い位相差(破線)は比例して増加している。一方、透過率(実線)は、半透明膜3の膜厚が小さければ小さいほど高くなるが、逆に膜厚が大きくなればなるほど0に近づく。すなわち、透過率は、半透明膜3の膜厚に反比例するように変化する。

【0096】このグラフでは、破線で示す位相差の変化と実線で示す透過率のグラフとが交差する付近が特に好ましい透過率および位相差の関係を示すことになる。それゆえ、露光装置の光源としてKrFエキシマレーザーを用い、レジスト5としてこれに対応するものを用いた場合は、半透明膜3(MoSiO_xN_y膜)の透過率は10~30%の範囲内が好ましく、約15%が特に好ましい。同様に、位相差は50~70°の範囲内が好ましく、約60°となることが特に好ましい。

【0097】なお、このときの半透明膜3の膜厚は、図9からもわかる通り、500~700Åの範囲内であることが好ましく、600Å前後であることが好ましい。

【0098】上記の条件を満たす半透明膜3を有するフォトマスク1は、層間絶縁膜6に所望の段差形状62を十分に形成し得る光学的性能を得るものとなっている。

【0099】ここで、上記半透過部12の透過部11に対する透過率が約15%である場合に、位相差を変化させたときの、フォトマスク1を透過した露光光のウエハ上での光強度分布を図10(a)~(f)に示す。この図10(a)~(f)では、上記露光光の強度を等高線で表しており、ウエハ上では基本領域21、ハーフ領域22およびスルーホール領域23が図5(a)に示すような形状で模式的に区分されている。なお、説明の便宜上、図10(a)~(f)では、図5(a)に示すような形状の左半分に相当する領域のみ図示してある。

【0100】また、図中Aで示すハーフ領域22のライン幅が0.25μm、スルーホール領域23のサイズが0.25μm×0.25μm、露光光の波長が248nm、露光装置の光学系の開口数(NA)が0.55となっている。

【0101】図10(a)~(f)は、それぞれ位相差50°、60°、70°、80°、100°、および130°の場合を示している。図10(a)に示すように、位相差が50°では、スルーホール領域23近傍のハーフ領域22で露光光の強度が若干狭くなっている部位S₁が見られる。このように位相差が小さ過ぎると、光強度が強くなって、上記S₁のような部位が生じるため、レジスト5が所望の形状にパターンニングされにくくなる。

【0102】一方、図10(c)~(f)に示すように、位相差が70°を超えると、スルーホール領域23近傍のハーフ領域22に露光光の照射範囲が大きくなる

部位S₂が見られる。特に、図10(e)・(f)に示すように、位相差が大きくなるに伴い、このS₂の範囲が広がる上に、スルーホール領域23との間に露光光が照射されない不連続な領域S₃が生じる。

【0103】このように位相差が大き過ぎると、上記S₂やS₃のような部位が生じる。上記S₂は、図4(b)~(d)において説明したレジスト減り54が生じる二次ピークP₁に相当し、S₃は、図4(b)~(d)において説明したレジスト残り53が生じる点P₀に相当する。それゆえ、位相差が大き過ぎると、レジスト5上に不要な凹凸が形成されることになる。

【0104】これに対して、図10(b)に示すように、位相差が60°である場合には、露光光に上記S₁~S₃が生じない。すなわち、露光光の光強度に不連続な部位が生じず、滑らかに光強度が変化する。それゆえ、レジスト5を露光した場合にレジスト残り53やレジスト減り54の発生を回避することができる。

【0105】以上の結果から、半透過部12において、半透明膜3としてMoSiO_xN_y膜を用い、膜厚を約600Å、透過部11に対する透過率を約15%とした場合には、透過部11に対する位相差を約60°とすることが適正であることがわかる。

【0106】したがって、上記位相差を適正に設定した本発明のフォトマスク1では、微細な露光パターンであっても、たとえば図1(c)・(d)に示すような、不要な凹凸のない正確なレジスト段差52を有するレジスト5を得ることができる。その結果、図3(c)~(e)に示す各工程を繰り返すことにより、層間絶縁膜6に非常に精密な段差形状62を形成することが可能になる。

【0107】上記フォトマスク1を用いた露光・現像により形成された、図2に示すような層間絶縁膜6上に、CVD(Chemical Vapor Deposition)で銅(Cu)層などを形成した後、さらにCMP(Chemical Mechanical Polishing)を1回実施することで、下層配線層7との接合部および上層の埋め込み配線の形成を同時に行うことが可能となる。

【0108】なお、本発明では、フォトマスクを用いてレジストにレジスト段差を形成するに当たり、半透過部の透過率は、元の層厚のほぼ1/2となるような光強度となっているが、本発明にかかるフォトマスクおよび露光方法は、このような露光に限定されるものではない。本発明のフォトマスクおよび露光方法は、たとえば、光強度の異なる露光を一度で行う場合に好適に用いられるものである。

【0109】

【発明の効果】本発明の請求項1記載のフォトマスクは、以上のように、所定パターンを露光するために用いられ、露光光を透過する透過部と、露光光を実質的に遮断する遮光部と、透過率が上記透過部の透過率よりも低

くなるように設定された半透過部とを備えているフォトマスクにおいて、上記半透過部は、該半透過部を透過する露光光と透過部を透過する露光光との間に発生する干渉を抑制するように、透過部に対する位相差を設定している構成である。

【0110】それゆえ、上記構成では、半透過部のほぼ全域でほぼ適正な光強度を実現し、所望のレジストパターンを確実に形成することができるという効果を奏する。

【0111】本発明の請求項2記載のフォトマスクは、10 以上のように、請求項1記載の構成に加えて、上記透過部および半透過部の透過率が異なることにより生ずる、透過部を透過した露光光のシフトに基づいて、該透過部の形状を変化させる構成である。

【0112】それゆえ、上記構成では、実際に形成する所定パターンを確実に露光することができるという効果を奏する。

【0113】本発明の請求項3記載のフォトマスクは、以上のように、請求項1または2記載の構成に加えて、20 上記半透過部は、シリサイドの酸窒化物からなる半透明膜を備えている構成である。

【0114】それゆえ、上記構成では、半透明膜の透過率や位相差を適宜変化させることが可能になるので、半透過部における透過率や位相差を容易に制御することができるという効果を奏する。

【0115】本発明の請求項4記載のフォトマスクは、以上のように、請求項3記載の構成に加えて、上記半透過部の透過率が、透過部の透過率に対して10～30%の範囲内にある場合、該半透過部の位相差は、上記透過部に対して50～70°の範囲内にある構成である。30

【0116】それゆえ、上記構成では、所望のレジストパターンをより確実に形成することができるという効果を奏する。

【0117】本発明の請求項5記載のフォトマスクの製造方法は、以上のように、透明基板上に、該透明基板よりも低い光の透過率を有する半透明膜を形成し、さらにその上に光を遮断する遮光膜を形成する2層構造膜形成工程と、上記遮光膜上にさらにレジストを層状に形成した後、電子ビームで露光する露光工程と、上記露光工程によりレジストが除去された領域から半透明膜および遮40 光膜を除去する2層構造膜除去工程と、上記露光工程によりレジスト上に形成された、元のレジストよりも薄い層厚となっている薄層領域から、レジストを除去するレジスト除去工程と、レジストが除去された上記薄層領域から遮光膜を除去する遮光膜除去工程とを含む方法である。

【0118】それゆえ、上記方法では、容易に上述したフォトマスクを形成することができるという効果を奏する。また、フォトマスク上に所望の露光パターンを効率的かつ確実に形成することができるという効果も併せて 50

奏する。

【0119】本発明の請求項6記載の露光方法は、以上のように、請求項1ないし4の何れか1項に記載のフォトマスクを用いて、層状に形成されたレジストを露光することにより、該レジストに層厚が異なる段差を形成する方法である。

【0120】それゆえ、上記方法では、露光工程の簡素化を図ることができるとともに、このような露光を必要とする、たとえば半導体素子の製造工程を簡素化することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は、本発明の実施の一形態にかかるフォトマスクの構成を示す断面図であり、(b)は、(a)に示すフォトマスクを介した露光光の光強度の分布を示すグラフであり、(c)は、(a)に示すフォトマスクで露光した場合に形成されるレジストの構造を示す断面図であり、(d)は、(c)に示すレジストの平面図である。

【図2】(a)は、図1(a)に示すフォトマスクにより形成される層間絶縁膜の構造を示す断面図であり、(b)は、(a)に示す層間絶縁膜の平面図である。

【図3】(a)～(e)は、図1(a)に示すフォトマスクを用いて層間絶縁膜に段差形状およびスルーホールを形成する工程を示す説明図である。

【図4】(a)は、図1(a)に示すフォトマスクとは異なる位相差を有するフォトマスクの構成を示す断面図であり、(b)は、(a)に示すフォトマスクを介した露光光の光強度の分布を示すグラフであり、(c)は、(a)に示すフォトマスクで露光した場合に形成されるレジストの構造を示す断面図であり、(d)は、(c)に示すレジストの平面図である。

【図5】(a)は、図1(a)に示すフォトマスクにおいて、露光時におけるスルーホール領域のシフトを考慮しない場合の露光パターンを示す模式図であり、(b)は、(a)に示す露光パターンにより得られる実際のレジストパターンを示す模式図である。

【図6】(a)は、図1(a)に示すフォトマスクにおいて、露光時におけるスルーホール領域のシフトを考慮した場合の露光パターンを示す模式図であり、(b)は、(a)に示す露光パターンにより得られる実際のレジストパターンを示す模式図である。

【図7】図5(a)・(b)および図6(a)・(b)に示すフォトマスクにおける露光パターンの縮小幅 ΔM とレジストパターンのシフト幅 ΔW との関係を示すグラフである。

【図8】(a)～(e)は、図1(a)に示すフォトマスクを製造する工程を示す説明図である。

【図9】図1(a)に示すフォトマスクにおける半透過部の透過率および位相差と膜厚との関係を示すグラフである。

【図10】(a)～(f)は、図1(a)に示すフォトマスクにおける半透過部の透過率を15%とした際に、位相差を変化させて得られる露光光の光強度の分布を示す図である。

【図11】(a)～(d)は、従来のフォトマスクにより層間絶縁膜にスルーホールおよび段差形状を形成する工程の一例を示す説明図である。

【図12】(a)～(e)は、従来のフォトマスクにより層間絶縁膜にスルーホールおよび段差形状を形成する工程の他の例を示す説明図である。

【符号の説明】

1 フォトマスク

* 2 透明基板

3 半透明膜

4 遮光膜

5 レジスト

6 層間絶縁膜

11 透過部

12 半透過部

13 遮光部

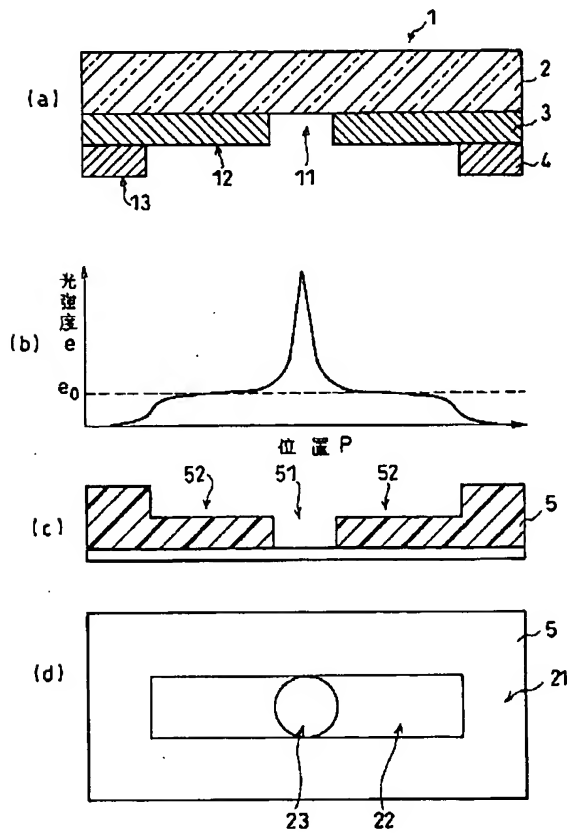
21 基本領域

10 22 ハーフ領域

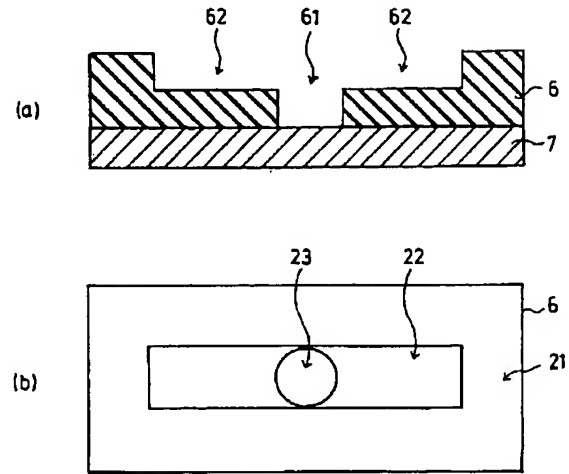
23 スルーホール領域

* 32 薄層領域

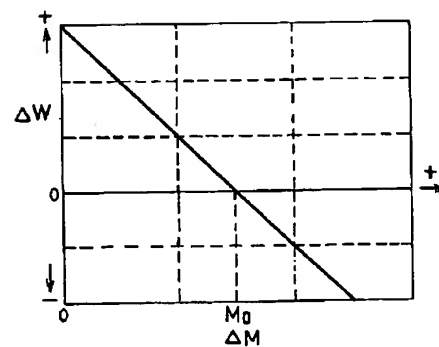
【図1】



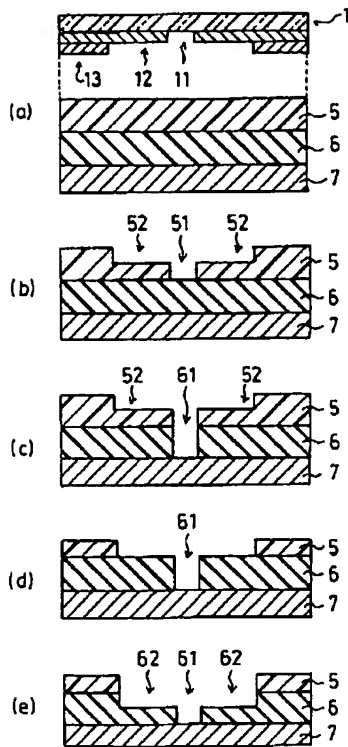
【図2】



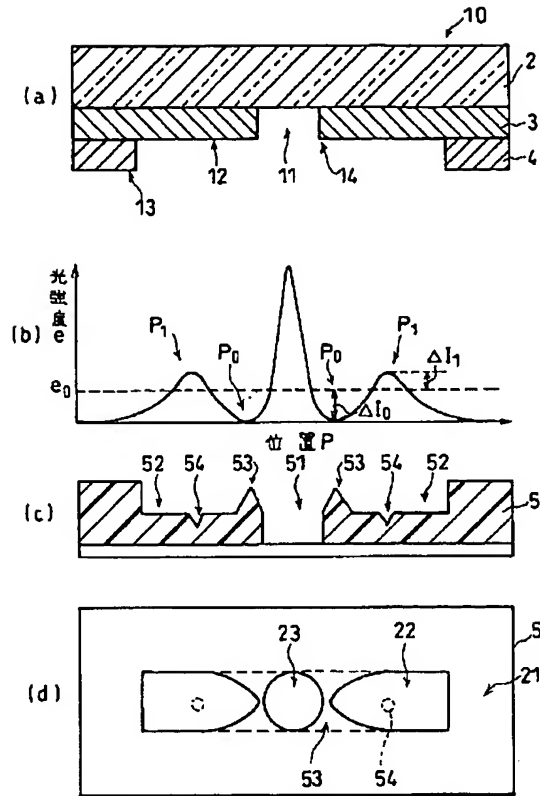
【図7】



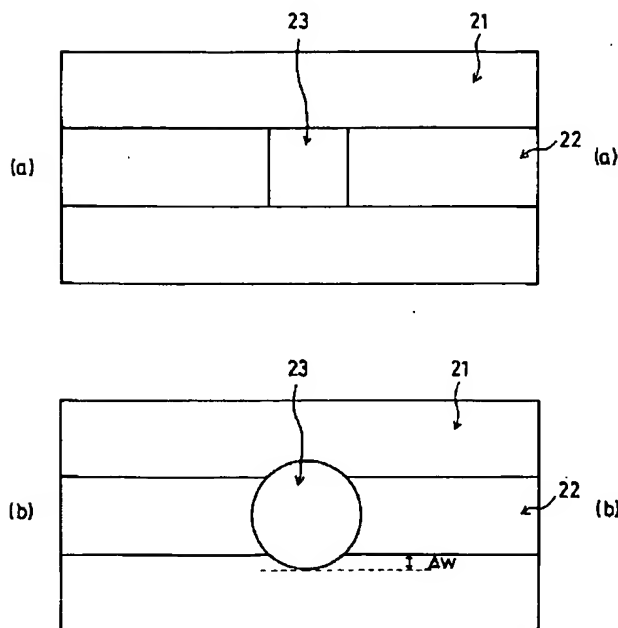
【図3】



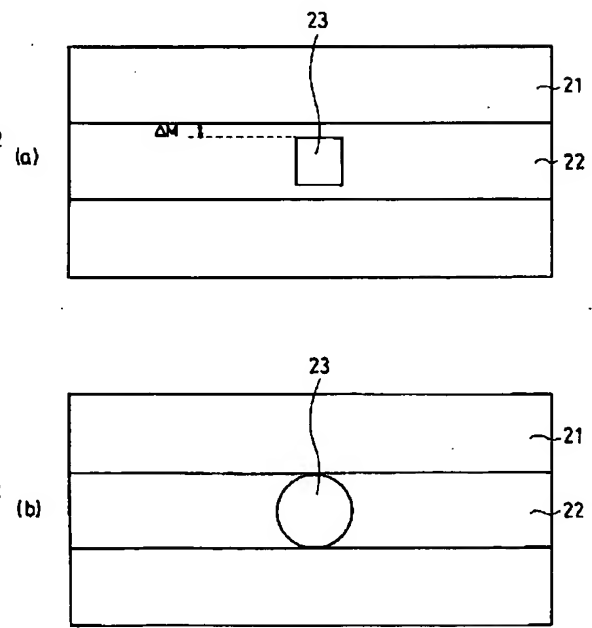
【図4】



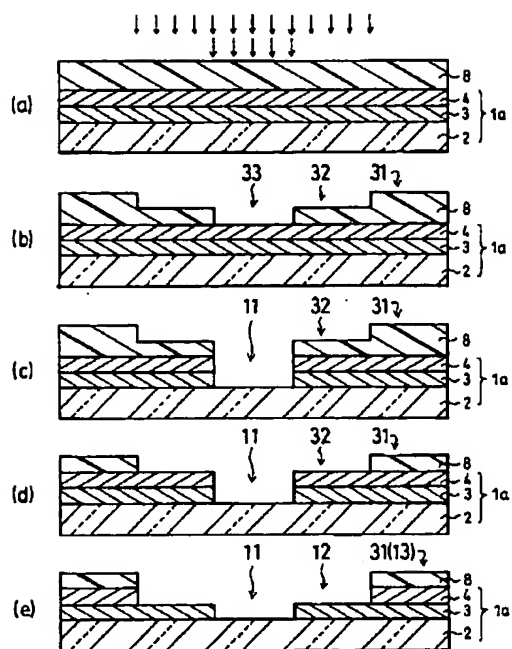
【図5】



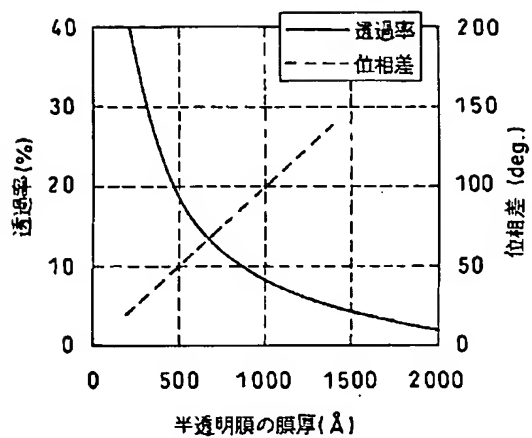
【図6】



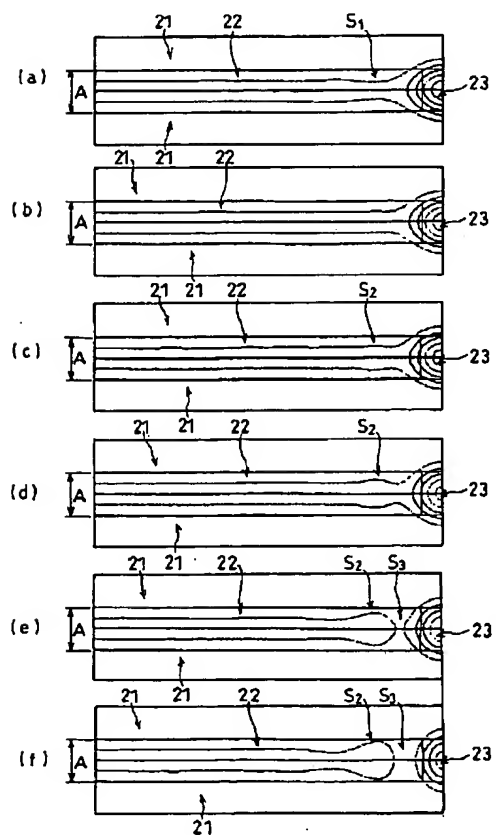
【図8】



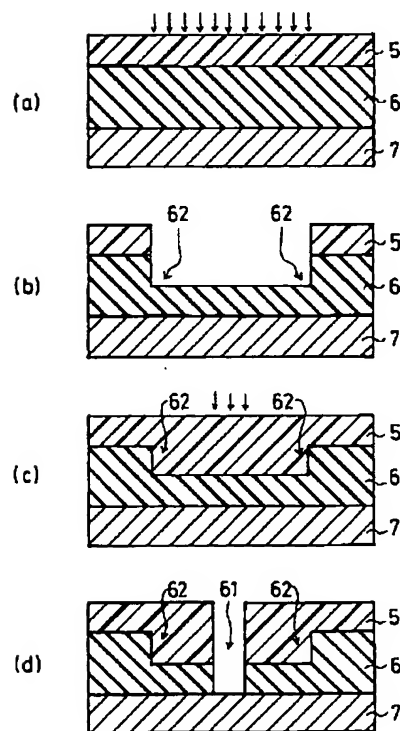
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

